

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

## **Hydraulický pohon lisu Filmpress**

## **Hydraulic Drive for Filmpress**

Student:

Bc. Jan Bosák

Vedoucí diplomové práce:

Dr. Ing. Miroslav Bova

Ostrava 2013

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Bosák**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace: 16 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení

Téma: **Hydraulický pohon lisu Filmpress**  
**Hydraulic drive for Filmpress.**

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rozbor problematiky ve světě.
2. Vyberte vhodné řešení.
3. Rozpracujte vybrané řešení do formy projektu.
4. Proveďte potřebné technické a pevnostní výpočty.
5. Nakreslete výrobní dokumentaci hydraulického agregátu.
6. Proveďte kontrolu tepelné bilance hydraulického obvodu.
7. Zpracujte návod na obsluhu a údržbu.

Seznam doporučené odborné literatury:

Sivák, V. projektování hydraulických systémů. ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1990.331s Skriptum ISBN 80-7078-037-1

Pivoňka, J a kol. tekutinové mechanismy. praha: SNTL, 1997.623s

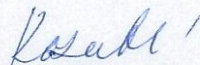
Projekční podklady firem, Interfluid a Rexroth, Papcel Litovel

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

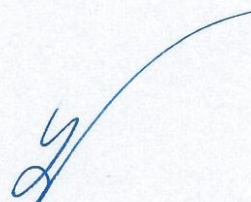
Vedoucí diplomové práce: **Dr. Ing. Miroslav Bova**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



prof. RNDr. Milada Kozubková, CSc.  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 17. 5. 2013



podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ведоми, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ведоми, же odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě ..... 17. 5. 2013



podpis

Bc. Jan Bosák

Nádražní 233

784 01, Červenka

## Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu Dr. Ing. Miroslavu Bovovi za velmi ochotnou pomoc a cenné rady při psaní mé Diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Jiřímu Sochovi z firmy Papcel a.s. za poskytnutí podkladů a informací k vypracování mé Diplomové práce.



## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

BOSÁK, J. *Hydraulický pohon lisu Filmpress : diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2013, 63 s. Vedoucí práce: Bova, M.

Tato diplomová práce se zabývá návrhem hydraulického agregátu k lisu Filmpress. V úvodu je popsána historie výroby papíru. Dále jsou popsány současné technologie výroby papíru včetně vlastností lisu Filmpress. Na základě požadavků na lis Filmpress byl navržen hydraulický obvod. Výpočtem byly stanoveny dílčí části hydraulického agregátu. Všechny prvky nutné k sestavení hydraulického agregátu byly vyspecifikovány od třech alternativních výrobců. Z prvků jednoho vybraného výrobce byl zpracován kompletní 3D model daného hydraulického agregátu. V závislosti na použitých prvcích od jednotlivých výrobců byly porovnány konkrétní varianty hydraulického agregátu. V závěru byly popsány vlastnosti navrženého hydraulického agregátu, popis jeho funkce a pokyny k obsluze.

### KLÍČOVÁ SLOVA:

Hydraulický agregát, Lis Filmpress, Výroba papíru, Hydraulický obvod, Hydraulické prvky, Průtok, Chlazení

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

BOSÁK, J. *Hydraulic Drive for Filmpress : Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipment, 2013, 63 p. Thesis head: Bova, M.

This diploma work deals with the design of a hydraulic drive for the Filmpress press. The introduction describes the history of paper production. Besides that, the current technologies of paper production including the characteristics of the Filmpress are described there also. Based on the requirements for the Filmpress a hydraulic circuit was designed. Individual parts of the hydraulic aggregate were calculated. All the features necessary for the completion of the hydraulic aggregate were specified by three alternative producers. Based on the features of one chosen producer a complete 3D model of the given hydraulic aggregate was processed. Based on the features from the various producers that were applied, specific versions of the hydraulic aggregate were compared. In conclusion, the characteristics of the designed hydraulic aggregate were described including a description of its function and operating instructions.

### KEY WORDS:

Hydraulic aggregate, Filmpress press, Paper production, Hydraulic circuit, Hydraulic features, Flow capacity, Cooling

# Obsah

	strana
Seznam použitých označení.....	9
1 Úvod do technologie.....	11
1.1 Historie papíru, výroba .....	11
1.2 Moderní technologie výroby papíru .....	13
1.3 Papírenský stroj s klížícím lisem .....	15
1.4 Srovnání lisů Size press a Filmpress.....	18
2 Vlastnosti a požadavky na Filmpress .....	22
2.1 Přiklápění pohyblivého válce (NIPU) .....	23
2.2 Přiklápění nanášecích hlav .....	24
2.3 Odstavení stroje .....	24
3 Hydraulický agregát lisu Filmpress .....	25
3.1 Funkce hydrauliky na Filmpressu .....	25
3.2 Návrh průtoku hydrogenerátorem.....	28
3.3 Návrh a výpočet chlazení .....	29
3.4 Výpočet ohřevu kapaliny topným tělesem .....	34
3.5 Výpočet akumulátoru .....	34
3.6 Návrh a výpočet dělice průtoku .....	35
3.7 Stanovení velikostí filtrů .....	37
3.8 Stanovení velikosti potrubí .....	38
4 Srovnání variant skladby agregátu .....	41
4.1 Hydraulický agregát od firmy BoschRexroth.....	41
4.2 Hydraulický agregát od firmy Parker (Seall) .....	43
4.3 Hydraulický agregát od firmy Argo-Hytos .....	45
4.4 Hydraulický agregát od firmy Interfluid .....	45
4.5 Výroba hydraulického agregátu ve vlastní režii .....	46
5 Obecné pokyny k obsluze .....	47

5.1	Instalace .....	47
5.2	První spuštění .....	47
5.3	Provoz a údržba .....	48
5.4	Demontáž.....	49
5.5	Technické údaje .....	49
6	Návod na obsluhu a údržbu.....	50
6.1	Elektrický snímač hladiny a teploty.....	51
6.2	Topná tělesa .....	51
6.3	Okruh chlazení a pomocné filtrace .....	52
6.4	Axiální pístové hydrogenerátory .....	53
6.5	Dvojitý vysokotlaký filtr .....	54
6.6	Akumulátor.....	54
6.7	Kostka s řídicími prvky .....	54
6.8	První řídicí sekce – nanášecí hlava horní.....	55
6.9	Druhá řídicí sekce – nanášecí hlava dolní.....	56
6.10	Třetí řídicí sekce – přítlak NIPU, strana obsluhy.....	56
6.11	Čtvrtá řídicí sekce – přítlak NIPU, strana pohonu .....	57
6.12	Multipozicový odpojovač manometru.....	58
7	Závěr.....	59
8	Seznam použité literatury .....	61
9	Seznam příloh .....	63



## Seznam použitých označení

Označení	Význam	Jednotka
D	průměr pístu hydraulického válce	m
P	výkon	W
Q	průtok objemový	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
S	plocha	$\text{m}^2$
T	časová konstanta	s
V	objem	$\text{m}^3$
$V_g$	geometrický objem	$\text{m}^3$
c	měrné skupenské teplo	$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
d	průměr pístnice hydraulického válce	m
$d_p$	vnitřní průměr potrubí	m
$i_{pr}$	součinitel počtu prvků	1
k	součinitel prostupu tepla	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
l	délka zdvihu hydraulického válce	m
m	hmotnost	kg
n	otáčky	$\text{s}^{-1}$
$n_a$	adiabatický exponent	1
p	tlak	Pa
$\Delta p$	tlakový spád	Pa
t	teplota	$^{\circ}\text{C}$
v	rychlost	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
$\Phi$	teplo (tepelný výkon)	W

$\alpha$	součinitel počtu hydrogenerátorů	1
$\beta$	součinitel pro časový faktor	1
$\phi$	poměrné využití chladicího výkonu	%
$\eta_Q$	účinnost průtoková	1
$\rho$	hustota	kg . m <sup>-3</sup>
$\tau$	čas	s

# 1 Úvod do technologie

## 1.1 Historie papíru, výroba

Papír a jeho předchůdci provázejí lidstvo již několik tisíc let. Umožnil zaznamenávat a předávat vědomosti následujícím generacím a také jejich snadné přemísťování do vzdálených zemí.

Prvním přímým předchůdcem papíru byl papyrus. Staří Egypťané tehdy zaznamenávali své hieroglyfy především do kamene, na keramické nádoby nebo na dřevěné destičky pokryté vápenopískovou směsí. Tento pracný a ne příliš praktický způsob mohl být nahrazen až s objevením vlastností rostliny šáchoru papírodárného (*Cyperus papyrus*) v období okolo roku 3500 př. n. l. Rostlina papyru rostla v deltě Nilu a délka stvolu dosahovala až 6 metrů. Vhodnou úpravou a zpracováním stonku vznikl list papyru. Tyto jednotlivé listy se lepily za sebe a byly skladovány ve formě svitků. Samotná výroba probíhala tak, že se ze stonku šáchoru, jež má trojstranný plný průřez, slupla horní zelená vrstva, čímž se odhalila bílá dřevina, skládající se z několika dalších tenkých vrstev. Tyto bílé vrstvy se postupně slupovaly, kdy tvořily tenké pásky, které se několik následujících dní máčely ve vodě. Jednotlivé plátky se pak kladly za sebe do řady tak, aby se překrývaly. Na tuto vrstvu se následně pokládaly další plátky otočené napříč. V případě, že byl požadován tlustší výsledný papyrus, se pokládaly ještě další vrstvy. Z obou stran se přiložila tkanina a celá plocha se slisovala - stloukala dřevěnými paličkami. Vlivem toho se z plátků uvolňovala lepkavá tekutina, která plátky slepila k sobě. Jednotlivé pláty se nechaly uschnout na slunci a nakonec slepily k sobě. Takto vytvořený, i několik metrů dlouhý pruh papyru se sice nedal skládat, ale byl dostatečně pružný na to, aby se dal navíjet do ruličky – svitku. Později se začal papyrus skladovat i v takzvaných kodexech, což připomíná způsob skladování současných knih. Papyrus se používal až do 12. stol. n. l., kdy došlo k vymizení rostliny šáchoru vlivem změny klimatu [1].

Ve středověku byl hlavním psacím materiálem pergamen. Vznikl někdy kolem 3. stol. př. n. l. ve městě Pergamon v Malé Asii. Pergamen je jemně vydělaná kozí, telecí, ovčí, jehněčí nebo oslí kůže. Samotná výroba byla velmi náročná a drahá, avšak výsledný pergamen byl měkký a pružný. Nejdříve se kůže máčela několik dní ve vápenné lázni. Následně se zbavila všech chlupů a nečistot a důkladně omyla. Pak se kůže vypnula na rám a nechala vysušit. Poté ještě proběhlo potírání křídou, zdrsnění pemzou a konečné vyhlazení. Případně mohla být kůže ještě barvena, máčena v rostlinných extraktech nebo jinak vylepšena. Existovaly tři druhy pergamenu podle zeměpisné polohy, kde se používaly. Jihoevropský pergamen se používal ve středomoří (Itálie, Španělsko, Francie, ...). Jedna strana byla zpracovaná jemněji

a jen na ni se psalo, druhá strana byla hrubší. Středoevropský pergamen měl méně jemné zpracování, zato ale oboustranné, psalo se z obou stran. Byzantský pergamen (jihovýchodní Evropa, Blízký Východ) byl také oboustranný a navíc se pro lepší lesk potíral bílkem. Zvláštním typem pergamenu byl velín. Vyroben byl z kůže nenarozených jehňat, což mu zaručovalo největší jemnost, ale i nejvyšší cenu. Z důvodu vysoké ceny a nedostatku pergamenů, se začal uplatňovat tzv. palimpsest. Tímto slovem se označují pergameny, které byly oškrábány a následně znovu popsány. Pergameny byly skladovány ve formě svitků a kodexů – přímým předchůdcem knihy. Od 2. stol. n. l. začal pergamen nahrazovat papyrus. Od 14. stol. začal být pergamen nahrazován papírem, avšak používaly se souběžně až do 17. Stol. Ke konci byl pergamen používán především pro důležité a významné dokumenty [2].

Papír se poprvé objevil v roce 105 n.l., kdy za tvůrce je považován císařský úředník Tsai Lun, z jižní Číny. Snažil se nahradit neskladné destičky v císařské knihovně materiálem trvanlivějším a vhodnějším ke psaní. V rámci hledání vyzkoušel i rostlinné suroviny. Vyrobil papír z dřevěné kůry, konopných odpadů a zbytků textilie. Materiál se díky svým vlastnostem uchytil, byl skladný, lehký a dobře se na něj psalo. Základní princip, nabírání papírové masy na síto, který Tsai Lun vymyslel, se i přes mnoho vylepšení dodnes nezměnil. Číňanům se tajemství výroby papíru dařilo dlouho tajit. První zemí, kam tajemství výroby papíru proniklo, byla v roce 384 n. l. Korea. I zde se papír velmi rychle rozšířil a stal se obecně používaný pro psaní, grafiku a tisk. Korejci se velkou měrou podíleli na rozvoji papírenské výroby a technologie ruční výroby papíru. V VIII. století se tajemství výroby papíru dostalo do Samarkandu. Prozdělali ho zajatí Číňané pracující na výrobě papíru během čínsko-arabské války. Následně se rozšiřovalo do asijských zemí a přes Afriku až do Evropy. Arabové zakládali první dílny na území Španělska od roku 1144 a Itálie od roku 1268. Během XV. století se papír začal vyrábět i na územích Rakouska, Polska, Švýcarska, Anglie a Čech. První písemná zmínka o výrobě papíru v Čechách pochází z roku 1499 a následně v XVI. stol. došlo k významnému rozmachu výroby papíru v Čechách. *„Vznikla papírna trutnovská, o které je první zmínka již z počátku století (rok 1505). Po ní vznikají dle doby potvrzené výroby frýdlantská (před rokem 1516), pražská staroměstská (podle filigránu z roku 1524) a dvě papírny v Libni (kolem roku 1530). Z doby kolem roku 1540 je zmiňována papírna starohorská (zvaná Jihlavská) a chebská. Ve stejné době zřejmě vznikla i papírna v Dušníkách v Kladsku (v dnešním Polsku). Asi do poloviny XVI. století lze zařadit papírnu v Nedošíně u Litomyšle, v Ústí nad Labem (rok 1559) a papírnu nad Jirkovem (rok 1561). Dále jsou známy papírny v Dolní Poustevně (rok 1569), v Benešově nad Ploučnicí a v Mimoni (rok 1590). Následují papírna krumlovská (před rokem 1572) a klatovská (před rokem 1583). V posledním desetiletí XVI. století vznikly nebo existovaly papírny v Praze na Starém Městě, v Jirkově, v Kunčicích u Vrchlabí, Chomutově, Jáchymově a také papírna ve Velkých Losinách*

(1596), v níž se papír vyrábí dodnes. Celkem je dnes známo 22 papíren pracujících v Čechách v XVI. století.“[3] Papírna ve Velkých Losínách je jednou z nejstarších dosud fungujících papíren v Evropě, kde se papír stále vyrábí klasickým ručním způsobem z bavlny a lnu. Papír má vysokou kvalitu a používá se ve výtvarném umění, pro reprezentační účely a jiné. V Evropě trvala ruční výroba papíru přes 700 let. Ovšem až po roce 1456 došlo k výraznému rozšíření výroby a to spolu s vytištěním první knihy – Bible, Johannem Gutenbergem. Výroba ručního papíru v evropských papírnách využívala starých hadrů. Ty se vytřídily a nechaly zahnívat po nějakou dobu ve vykopaných jámách. K rozvláknění byla použita velká kladiva poháněná nejčastěji vodními koly. Kladiva padaly do žlabů, kde rozmělnovaly hadry na jemnou suspenzi. Ta se poté nalávala do mírně vyhrátých kádí a z nich se následně sbírala na síto. Pak si listy ze síta vyklopily a prokládaly suknem nebo plstí. Přebytková voda se z nich odstranila na ručním lisu a pak se listy papíru nechaly sušit. Nakonec se papír ještě naklížil (aby se na něm nerozpíjel inkoust) a po uschnutí hladil [3].

Strojní výroba papíru navázala na ruční výrobu v 19. století. V roce 1799 sestrojil první papírenský stroj Francouz Nicolas-Louis Robert. Ten funguje na principu průběžné výroby papíru. V důsledku toho se musely objevit nové zdroje surovin, ze kterých se papír vyrobí. Původní postupy, kdy se jako vstupní surovina používaly staré hadry, přestávaly pro zvyšující se kapacitu výroby stačit. Přidala se tedy dřevovina a posléze dřevná buničina (celulóza). Celulóza vzniká sulfitovým vařením dřevěných štěpků s hydrogensířičitanem vápenatým. Nakonec přišla výroba sulfátové buničiny (alkalickým způsobem). Postup výroby papíru na papírenském stroji začínal nabíráním papíroviny naředěné velkým množstvím vody na souvislý pás drátěného síta (formovací sekce). Ta je sevřena shora druhým pásem síta a je utvářen základ nosné části papíru. Pokračuje se do lisovací sekce, kde je ze vznikajícího papíru sadou lisovacích válců postupně vytlačováno maximální množství vody. Následuje sušící sekce, kde se množstvím parou vyhřívaných válců papír dosouší. Nakonec se papír přímo navíjí na role. Papír procházel ještě úpravou povrchu v závislosti na požadovaném druhu papíru a jeho finálních vlastností. Na území Rakouska-Uherska byl patentován první papírenský stroj v roce 1819. Na našem území byl první papírenský stroj uveden do provozu v Praze Bubenci roku 1833 [4].

## **1.2 Moderní technologie výroby papíru**

### **a) Příprava základní suroviny – Buničiny**

Buničina se primárně získává z kmenů stromů. Celulóza (buničina) je základní stavební látkou buněčných stěn rostlin, a není rozpustná ve vodě. Stromy je třeba nejdříve zbavit kůry a dřevo upravit na štěpiny. Z nich se pak celulóza získává buď mechanicky, nebo chemicky. Mechanický proces rozvláknování spočívá v rozemílání za současného přilévání vody.

Chemická cesta získávání celulózy spočívá v rozpouštění ligninu, který působí jako přírodní lepidlo a vlákna dřeva drží pohromadě. Vlákna po chemickém procesu zůstanou neporušená a čistá. Surová buničina vzniklá chemickou i mechanickou cestou má pak nahnědlou barvu. V případě, že bude vyráběn bílý papír, je třeba tuto buničinu odbarvit. K tomu se používá chemická cesta za použití chlóru, kyslíku, nebo peroxidu vodíku. Vzhledem k ekologickým rizikům se v současné době od používání chlóru upouští. V závislosti na požadovaných vlastnostech konkrétního typu papíru se odbarvená buničina pročišťuje. Zlepšují se tím mechanické i potiskové vlastnosti papíru. Samotné pročišťování spočívá v procházení buničiny soustavu pevně uchycených a rotujících nožů. Vlákna se pak vzájemně lépe proplétají a vážou k sobě.

#### b) Výroba papíroviny

Papír konkrétního žádaného druhu vyžaduje pro svůj vznik další úpravu celulózy. Po čištění a odbarvení se pak přidávají další přísady. Mohou to být uhličitán vápenatý a hlinka (křída) pro dosažení jasnosti, hladkosti a žádaného stupně opacity. Barviva pro dosažení odstínu a jasnosti, optická zjasňovadla pro navýšení bělosti. Tužící přísady se přidávají pro snížení nasákavosti papíru, kdy přísady pokrytím povrchu vláken vyplní prostor mezi nimi. Papír potom lépe vzdoruje proti vsáknutí vody a navlhnutí. Všechny přísady musí být dobře rozpuštěny a rozmíchány ve vodě spolu s celulózou. Na 1% vláknitých a přídatných složek připadá 99% vody. Papírovina se nyní může napouštět do papírenského stroje a umožní tak vznikat nepřetržitému pásu papíru.

#### c) Práce papírenského stroje

Papírenský stroj má za úkol vyrobit rovnoměrný pás papíru a skládá se ze třech základních částí. Sítová část – zde se formuje základní vrstva papíroviny. Lisová část – vytlačují se zde zbytky vody ze vzniklého pásu. Sušící část – zde se suší vzniklý vylisovaný pás papíru.

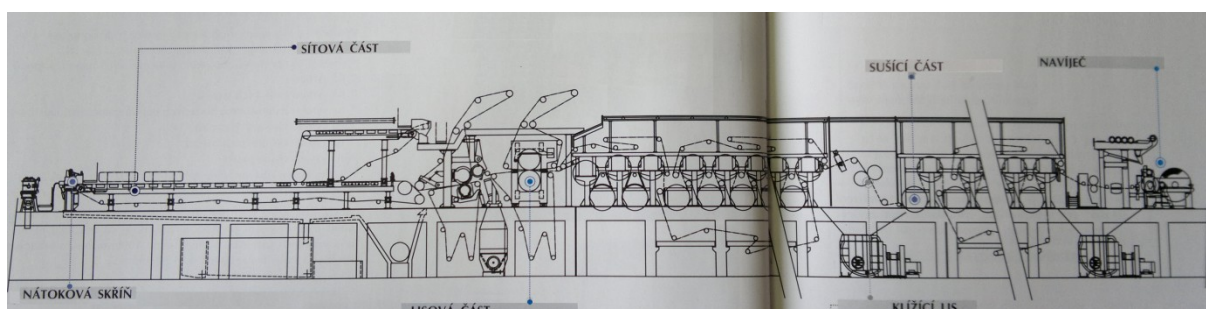
Na vstupu papírenského stroje se musí zabránit shlukování vláken, a tak je papírovina permanentně míchána. Odtud se nalévá na průběžné formové síto. Mezi jeho dvěma vrstvami dochází ve vysoké rychlosti k prvotnímu formování papírového pásu. Pohybem po průběžném sítu dochází k rychlému odvodnění. Následkem toho se vlákna buničiny začínají vázat a vzniká nosná papírová podložka. Na výstupu ze sítové části je obsah vody ve vznikajícím papírovém pásu asi 80%. Papírový pás přejde do lisové části stroje, kde je lisován sérií válců pro vytlačení co největšího množství vody. Na výstupu z této sekce je obsah vody v papírovém pásu asi 50%. Nyní papír vstupuje do sušící části. Tato část obsahuje množství sušících válců vyhřívaných párou, kdy na výstupu z této sekce vychází již suchý papír. V sušící sekci může být také umístěn klíží lis (Filmpress, Size press), který přidáváním škrobu do papíru zlepšuje jeho mechanické vlastnosti, nebo zde může být

umístěno jiné zařízení pro zvýšení mechanických vlastností (krepovací zařízení). V závislosti na použité technologii, obsahuje sušící sekce více či méně válců. Za sušící sekci je řazen kalandr. Aplikuje se za účelem optimalizace povrchu papíru pro konkrétní koncové použití. Papír prochází sadou válců, kdy vyvozováním tlaku a teploty dochází ke zlepšování lesku a hladkosti povrchu. Odtud je papír ve své již finální podobě navíjen na navíječi do rolí.

Papírenský stroj je velmi rozlehlé zařízení, ve kterém probíhá papír i rychlostí kolem  $1000 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ , kdy šíře papírové role bývá i několik metrů (obr. 1.1). Je tedy vyžadována velká přesnost a sladění celého stroje, aby bylo minimalizováno riziko přetržení papírového pásu a tím zastavení stroje.

#### d) Závěrečné zpracování papíru

Papír navinutý na rolích je nutné zpracovat pro jeho konkrétní použití. Dochází tedy k nařezání a převíjení do menších rolí vhodných pro dodávku, případně řezání na archy a dodání zákazníkům [5].



Obr. 1.1 Papírenský stroj (výroba kartonového papíru) [6]

### 1.3 Papírenský stroj s klížícím lisem

Klížící lis (případně jiné natírací zařízení) se používá u papírenských strojů pro zvýšení mechanických vlastností některých druhů papírů (především kartonový papír). Velikosti a průměry jednotlivých válců jsou dány jednak rychlostí a šířkou stroje, ale hlavně požadovaným lineárním tlakem. Tento tlak se pohybuje v rozmezí od 30 do  $100 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ . Výsledná kvalita klížení je také dána vysokou kvalitou potahů povrchů obou válců. Nedílnou součástí každého klížícího lisu je samostatná příprava používaných klížících suspenzí. Papírový pás je zaváděn prostřednictvím dvoulankového zaváděcího systému, užívaného v celém papírenském stroji. Papírenský stroj může být osazen klasickým klížícím lisem (Size press) nebo jiným natíracím zařízením (Filmpress) [6].



#### Možnosti povrchové úpravy papíru pomocí klížicího lisu:

- Povrchové klížení – vlivem lepšího vsakování klíždla je dosaženo zlepšení kvality vyráběného papíru a nižší spotřeby klíždla ve srovnání s klížením do hmoty
- Povrchové barvení – nižší spotřeba barev oproti barvení do hmoty, nižší znečištění odpadních vod
- Zušlechťování speciálními prostředky – zajištění nepromastitelnosti, hydrofobnosti, atd.
- Nanášení malé vrstvy speciálních nátěrů – pigmenty, termoplasty, kaolíny, atd.

#### a) Klasický klížicí lis – Size press

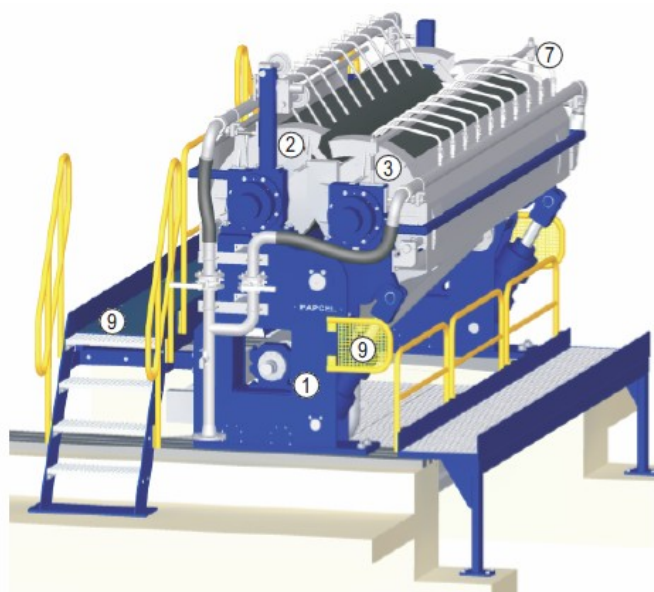
Klížicí lis je proveden jako dvouválcový, kdy přítlak je vyvozován pneumaticky nebo hydraulicky (obr. 1.2). Uspořádání lisových válců je horizontální, kdy pohyblivý lisový válec je o něco níže než pevný válec. Válce lisu jsou dynamicky vyváženy na požadovanou rychlost stroje a mohou být opatřeny různými druhy potahu (keramika, pryž) v závislosti na vyráběném sortimentu a typu použitého klíždla. Pomocí rozváděcích trubek je mezi válce přiváděno klíždlo, které je v prostoru válců udržováno okrajovými hladítky. Touto lázní prochází papír pro naklížení, dochází k absorbování škrobu do papíru. Množství klíždla přiváděného mezi válce lze regulovat buď ručními, nebo elektropneumatickými ventily. Nadbytečné klíždlo je pomocí van a potrubí odváděno zpět do přípravný klížicích suspenzí. Na klížicím lisu lze dle požadavku provést klížení papíru z jedné či z obou stran. K tomu musí být instalováno přesouvací zařízení vstupního vodícího válce, které přizpůsobí dráhu průchodu lisem. Čela válců a ty části povrchu válců, které nejsou v kontaktu s papírem, jsou čištěny čelními a krajovými stěrači. Po výstupu z klížicích válců papír odchází přes vodící válec umístěný pod lisovou částí na rozháněcí válec a dále do dosoušecí části, kde sušicí válce mají obvykle chromovaný povrch.

#### Technické parametry:

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| • Osová výška pevného válce | 1700 – 1950 mm                         |
| • Průměr válců lisu         | 600 – 1350 mm                          |
| • Uspořádání                | dvouválcové                            |
| • Konstrukční rychlost      | 300 - 700 m.min <sup>-1</sup>          |
| • Pracovní šířka            | do 5000 mm                             |
| • Lineární tlak             | max. 80 kN.m <sup>-1</sup>             |
| • Klížení                   | nános škrobu 1,5 - 2 g.m <sup>-2</sup> |
| • Koncentrace škrobu        | 5 – 10 %                               |

### Základní části stroje:

- Nosná konstrukce (1)
- Pevný lisový válec (2)
- Pohyblivý lisový válec (3)
- Přesouvací zařízení
- Vodicí válce papíru
- Krajové a čelní stěrače
- Rozháněcí válec s pohonem
- Přívod klíždla (7)
- Odvod klíždla
- Hydraulický a pneumatický obvod
- Ovládací pult
- Kryty a lávky stroje (9)



Obr. 1.2 Klížící lis (Size press) [7]

### b) Nanášecí (klížící) lis – Filmpress

Filmpress je proveden jako dvouválcový s nakloněnou osou válců, kdy přítlak je vyvozován pneumaticky nebo hydraulicky přes pákový mechanismus (obr.1.3). Přítlak je vyvozován od  $0 \text{ kN.m}^{-1}$  do  $60 \text{ kN.m}^{-1}$  dle technologických požadavků. Lisové válce jsou konstruovány na maximální přítlak a dynamicky vyváženy na požadovanou rychlost. V závislosti na vyráběném sortimentu jsou opatřeny speciálními potahy. Nanášeným médiem může být směs klíždla, škrobu, pigmentu, aj. Médium je dopraveno do dávkovací komory a odtud do kalibrovacího prostoru. Tady se kalibruje množství nanášeného média na papír pomocí profilovaných tyčí. Médium je nanášeno na stěnu válce a následně pod tlakem válců nanášeno na papír. Z lisových válců pokračuje papír přes air turn do dosoušecí části. Ta má proti dosoušecí části s klasickým klížícím lisem méně válců, což je dáno klížícím médiem o vyšší koncentraci.

### Technické parametry:

- |                                     |                                |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| • Osová výška pevného válce         | 1800 mm                        |
| • Průměr pevného lisového válce     | 1010 (805*) mm                 |
| • Průměr pohyblivého lisového válce | 1005 (800*) mm                 |
| • Uspořádání                        | dvouválcové                    |
| • Konstrukční rychlost              | 650 - 1500 m.min <sup>-1</sup> |
| • Pracovní šířka                    | do 5000 mm                     |

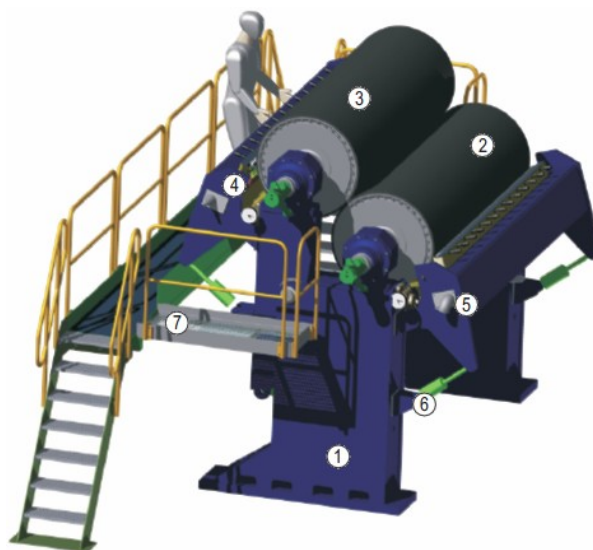
- Lineární tlak max.  $60 \text{ kN.m}^{-1}$
- Klížení nános škrobu  $1,5 - 4 \text{ g.m}^{-2}$
- Koncentrace škrobu 9 – 15 %

#### Přednosti:

- Větší tloušťka nanášené vrstvy média oproti standardnímu klížicímu lisu
- Úspora energie (provozních nákladů) v dosoušecí části vlivem klížení při vyšších koncentracích
- Nahrazuje klasický klížicí lis v rychlostech nad  $650 \text{ m.min}^{-1}$
- Vysoká provozní spolehlivost

#### Základní části stroje:

- Nosná konstrukce (1)
- Pevný lisový válec (2)
- Pohyblivý lisový válec (3)
- Nanášecí hlavy s profilovanou tyčí (4)
- Vodicí válec papíru
- Přívod klíždla (5)
- Odvod klíždla
- Hydraulický a pneumatický systém (6)
- Bezpečnostní kryty a lávky stroje (7)



Obr. 1.3 Filmpress [7]

### 1.4 Srovnání lisů Size press a Filmpress

Příchod klížicího lisu umožnil značné vylepšení mechanických vlastností papíru a přitom úsporu klíždla ve srovnání s předchozím způsobem klížení do hmoty. Z pohledu současné doby, jsou kladeny stále vyšší požadavky na kvalitu a produktivitu výroby. Klasický klížicí lis (Size press) tak v průběhu času dosáhl dalšího vývojového stupně, kterým je v současné době Filmpress. Ten umožňuje dosahovat především vyšších rychlostí papírenského stroje a tím vyšší produktivity výroby. Klasický klížicí lis je však v dnešní době stále používán. Jejich vzájemné výhody a nevýhody a vhodnost použití v konkrétních aplikacích se odvíjí od požadavků zákazníka na daný papírenský stroj [6,7].

## TECHNOLOGIE

SIZE PRESS		FILMPRESS
300 - 700	Rychlost papírenského stroje ( $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ )	650 – 1500
5 – 10	Koncentrace škrobu (%)	9 – 15
1,5 – 2,5	Nános škrobu ( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ )	1,5 -4,0
méně výhodné	Energetická výhodnost řešení	výhodné
absorbování škrobu do papíru	Princip	škrob se nanáší na papír

### Účel aplikace škrobu:

- Zvýšení pevnosti papíru o 15 – 35%
- Zvýšení odolnosti papíru vůči vodě (schopnost potiskovatelnosti)
- Zlepšení potiskovatelnosti papíru
- Zlepšení optických vlastností papíru
- Snížení prášivosti papíru

### Výhody a nevýhody dle technologie:

#### **a) Size press**

##### **VÝHODY:**

- Dostatečná síla v NIPU (síla od pohyblivého válce) pro dobrou penetraci

##### **NEVÝHODY:**

- Horší kontrola množství nánosů na papír
- Turbulence v klíždlové lázni při vyšších rychlostech
- Nános škrobu je závislý na jeho koncentraci
- Viskozita škrobu je limitována
- Vliv zaklížení do hmoty
- Vyšší vyvolané investice na větší sušící výkon dosoušecí části
- Vliv rychlosti stroje (nad  $700 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ) na nános škrobu, při této rychlosti se škrob nestihne dostatečně absorbovat do papíru a klesá nános škrobu

## b) Filmpress

### VÝHODY:

- Lepší kontrola množství nánosu škrobu na papír
- Vyšší koncentrace škrobu
- Nános škrobu není závislý na jeho koncentraci
- Možnost aplikovat na stranu různé nátěry
- Snížení velikosti dosoušecí části a tím spotřeby páry
- Lepší provozuschopnost a méně přetrhů
- Provoz při menších lisovacích tlacích
- Nižší vliv zaklížení papíru do hmoty
- Vyšší produktivita výroby vlivem vyšší rychlosti stroje

### NEVÝHODY:

- Snížení nánosu penetrace (ochranného nátěru) do papíru

### Výhody a nevýhody z hlediska provozních nákladů:

- Uvažovaná stejná rychlost obou papírenských strojů se stejným výkonem papíru  $13200 \text{ kg.h}^{-1}$
- Stejný nános škrobu na stranu  $2 \text{ g.m}^{-2}$

SIZE PRESS		FILMPRESS
7%	Koncentrace škrobu	13%
24	Počet válců v dosoušecí části	12
5930	množství odpařené vody ( $\text{kg.h}^{-1}$ )	3039
7116	spotřeba páry ( $\text{kg.h}^{-1}$ )	3647

Filmpress nabízí pro dosažení stejných parametrů papíru téměř poloviční spotřebu páry v dosoušecí části při poloviční velikosti dosoušecí části. Zároveň přináší nižší spotřebu elektrické energie na pohon sušících válců.

Z hlediska pořizovacích nákladů plynou pro Filmpress následující výhody a nevýhody:

**VÝHODY:**

- Nižší počet sušících a vodících válců
- Nižší náklady na instalaci zákrytu

**NEVÝHODY:**

- Vyšší pořizovací náklady o 40 – 60%

Tabulka výhodnosti jednotlivých řešení:

	Filmpress	Size press
cena	4	2
rychlost stroje	1	3
možná koncentrace škrobu	1	3
množství naneseného škrobu	1	3
kontrola množství nánosu škrobu	2	3
nános penetrace	3	1
provozní schopnost (množství přetrhů)	2	3
energetická výhodnost	2	3
velikost dosoušecí části	2	3
$\Sigma$	18	24

Tab. 1.1 Tabulka výhodnosti (bodování 1 až 5; méně bodů je lépe)

V celkovém bodovém srovnání vychází Filmpress jako výhodnější řešení.

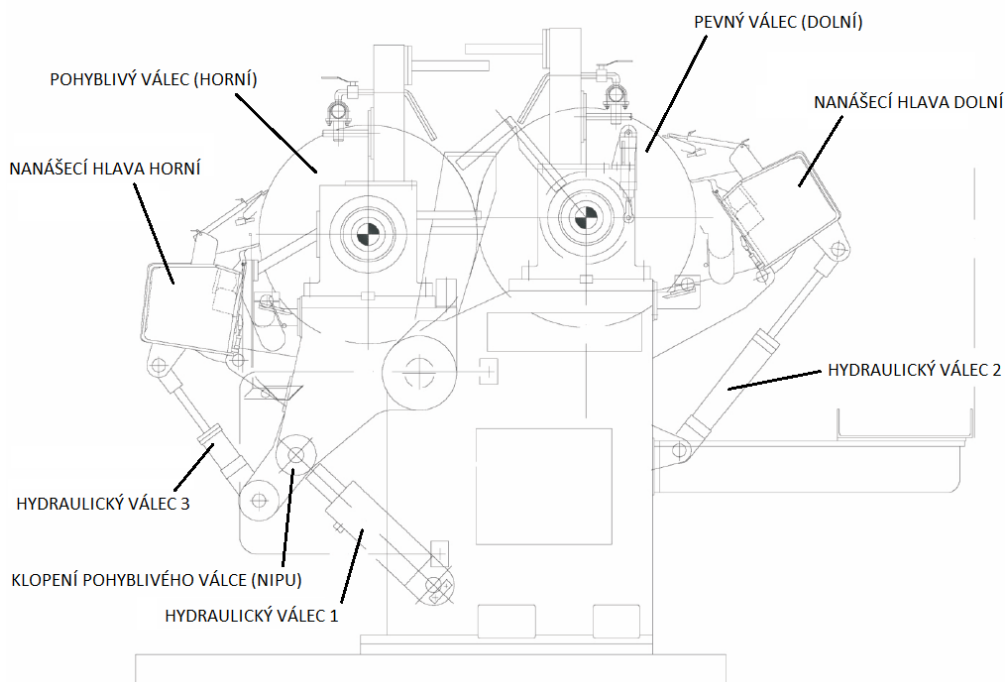
Filmpress je moderní zařízení, které i přes své vyšší pořizovací náklady přináší v moderním papírenském stroji jednoznačné výhody. A to jak nižší spotřebou energií a menším zástavbovým prostorem, tak i vyššími provozními parametry stroje. U papírenských strojů pracujících s rychlostmi vyššími jak  $700 \text{ m.s}^{-1}$  je stroj typu Filmpress nenahraditelný.

Size press je starší typ klížího lisu, který se v dnešní době používá u papírenských strojů pracujících nižšími rychlostmi a aplikuje se hlavně při modernizaci starších papírenských strojů.

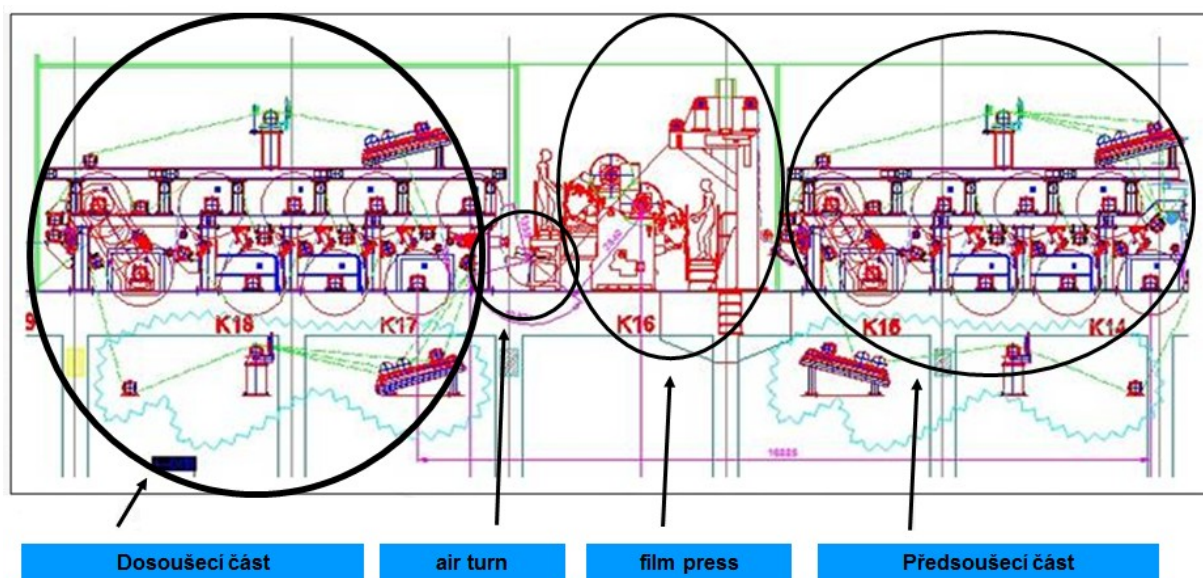
V méj diplomové práci se budu dále zabývat lisem Filmpress, vzhledem k jeho vlastnostem, použití v moderních papírenských strojích a také celkové výhodnosti (viz srovnání v tabulce).

## 2 Vlastnosti a požadavky na Filmpress

Hlavní pohyblivé části Filmpressu (klopení pohyblivého válce, přiklápění nanášecích hlav) mohou být poháněny hydraulickými nebo pneumatickými válci. V případě mnou navrhovaného pohonu jde o hydraulické válce (obr. 2.1).



Obr. 2.1 Schéma Filmpressu [7]



Obr. 2.2 Umístění Filmpressu v sušící části papírenského stroje [7]

Finální ustavení nanášecí hlavy pro kalibrování množství nanášeného média je již řízeno pneumaticky.



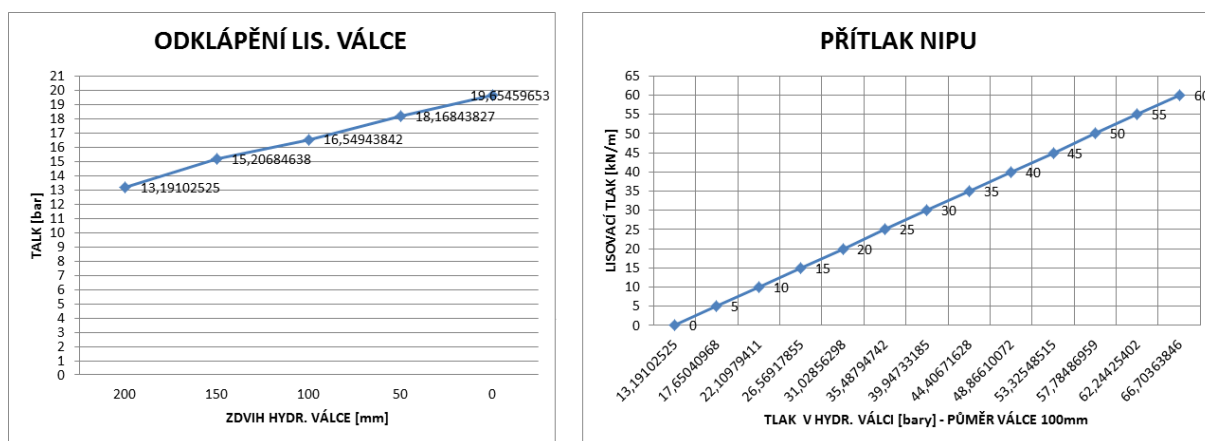
Hydraulické válce klopení pohyblivého válce (NIPU) musí umět přiklopit válec z polohy v nečinnosti do polohy pracovní, při vyvozování požadovaného lisovacího tlaku. Tento tlak musí být válec schopen vyvozovat dlouhodobě. Hydraulické válce musí být vysouvány synchronně, aby nedošlo ke křížení válce. Doba vysouvání hydraulických válců je cca 20 s.

Při spouštění stroje jede jako první klopení pohyblivého válce. Po dojetí na polohu a zalisování na požadovaný tlak, následuje přiklápění první nanášecí hlavy a po jejím dojetí provede přiklápění druhá nanášecí hlava. V případě přetrhu papíru, musí dojít k odklopení NIPU i obou hlav naráz.

Hydraulické válce zajišťující naklápění nanášecích hlav provádí pouze vysunutí z jedné koncové polohy do druhé. Požadavek na přesnou synchronizaci zde není. Doba klopení je dle technologických požadavků kolem 25 s, rychlost vysouvání hydraulických válců je cca  $8,75 \text{ mm.s}^{-1}$ .

## 2.1 Přiklápění pohyblivého válce (NIPU)

Konstrukční požadavek na délku zdvihu hydraulického válce je 300 mm. Uvažovaná využitá délka zdvihu bude cca 200 mm. Zobrazení průběhů tlaků pod hydraulickými válci v závislosti na jejich zdvihu a tlaku vyvozeném na NIPU viz graf 2.1 a graf 2.2. Tyto grafy vzešly z požadavků na funkci Filmpressu a z konstrukce zařízení (tlaky pod válci jsou uvažovány na navržený průměr pístu 100 mm).



Graf 2.1 Závislost zdvihu HV na tlaku [7] Graf 2.2 Závislost tlaku pod HV na lisovacím tlaku

### Odklopený pohyblivý válec:

Hydraulické válce jsou zasunuty, do úplného zasunutí na čelo však zbývají jednotky až desítky milimetrů. Samotný pohyblivý válec je opřen o mechanicky regulovatelné dorazy.

Pomocí těchto dorazů je zajištěna výchozí poloha pro klopení pohyblivého válce a také jsou odtud seřizeny snímače polohy.

#### Přiklápění pohyblivého válce:

Hydraulické válce urazí dráhu cca 200 mm a pohyblivý válec dolehne na protilehlý pevný válec. Přitom je třeba snímat polohu obou hydraulických válců, aby nedošlo ke křížení hlavního válce. Ještě před dolehnutím jednoho válce na druhý, je pohyblivý válec zastaven v tzv. předpracovní poloze (do doteku obou válců zbývá hydraulickým válcům urazit 25 mm).

#### Přítlak pohyblivého válce:

Pohyblivý válec dosedl na protilehlý válec (hydraulické válce mají nyní rezervu zdvihu několik desítek mm). Za pomoci snímání tlaku pod oběma hydraulickými válci je vyvozován potřebný tlak pod hydraulickými válci a tím i rovnoměrný přítlak hlavního válce (NIPU).

## **2.2 Přiklápění nanášecích hlav**

Po zalisování válců na požadovaný tlak může následovat proces přiklápění nanášecích hlav. Hydraulické válce nanášecích hlav mají projektovaný zdvih 245 mm, kdy využitá délka zdvihu bude cca 225 mm. V základní poloze jsou obě hlavy odklopeny od válců a jejich hydraulické válce jsou zasunuty (sedí na dorazech). Následuje přiklopení první hlavy a po jejím dojetí (včetně zavedení navazujících technologických procesů) se začne přiklápět i druhá hlava. Hydraulické válce dojíždí při vysouvání až na stavitelné dorazy. V této poloze jsou pak drženy pod tlakem během celého výrobního procesu. Dosažení koncových poloh musí být zaznamenáno snímači. Přesná synchronizace hydraulických válců každé z hlav není vyžadována.

## **2.3 Odstavení stroje**

V režimu změny technologických požadavků výroby bude za provozu odklopena jedna nebo druhá nanášecí hlava. K odlisování lisových válců přitom nedojde.

Přetrh papíru nebo porucha pohonů válců Filmpressu znamená krizový stav, kdy musí dojít k odklopení pohyblivého válce a současně i k odklopení nanášecích hlav v co nejkratší době.

### 3 Hydraulický agregát lisu Filmress

Hlavním úkolem hydraulického agregátu na lisu Filmress je vytvoření dostatečného tlaku v hydraulickém obvodu pro ovládání pohybu obou nanášecích hlav a vyvození potřebného přitlaku lisových válců. Pohyb nanášecí hlavy je zajištěn dvěma hydraulickými válci, na straně obsluhy a na straně pohonu pro každou hlavu. Použity jsou tedy čtyři hydraulické válce 63/45-245. Pohyblivý (lisový) válec Filmressu vykonává pohyb k pevnému válci (tj. do pracovní polohy), kde je přitlačován řízeným tlakem, nebo se odklápí v případě servisu. Pohyb je zajištěn dvěma hydraulickými válci - jedním na straně obsluhy a druhým na straně pohonu. Použity jsou hydraulické válce o rozměrech 100/70-300. Otáčení lisových válců je již zajištěno elektromotory.

#### 3.1 Funkce hydrauliky na Filmressu

##### Pohyby pohyblivého válce (přítlak NIPU)

Pohyblivý (lisový) válec Filmressu vykonává pohyb k pevnému válci (tj. do pracovní polohy), kde je přitlačován řízeným tlakem, nebo se odklápí v případě servisu. Pohyb je zajištěn dvěma hydraulickými válci - jedním na straně obsluhy a druhým na straně pohonu. Hydraulické válce musí být vybaveny snímáním polohy, aby nedošlo ke zkřížení pohyblivého válce. Uvažujeme s hydraulickými válci o délce zdvihu 300 mm (dle konstrukce stroje).

##### *Válec odklopen (základní poloha)*

- Hlavy, v nichž jsou uloženy konce válce, jsou opřeny o stavitelné dorazy
- Hydraulické válce jsou zasunuty, nesedí však na víku (nějaká dráha ještě zbývá, vlivem seřízení dorazů)
- Uvažovaná délka pracovního zdvihu hydraulických válců je cca 200 mm

##### *Vysouvání hydraulických válců:*

###### a) Válec v předpracovní poloze

- Tato poloha je dosažena během 20 s (od základní polohy), rychlost válce  $8,75 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$
- Válce se do předpracovní polohy pohybují současně
- Doba setrvání hydraulických válců v předpracovní poloze je cca 2 s, válec se v tu chvíli zastaví, bude řízeno programem
- Do kontaktu lisových válců zbývá cca 25 mm zdvihu hydraulických válců

###### b) Válce v kontaktu

- Dosažena za další 3 s (od předpracovní polohy)

- Hydraulické válce se již dále vysouvat nebudou (reálně jim zbývá rezerva ve zdvihu necelých 100 mm)
- Do bodu kontaktu jsou HV řízeny polohovou regulací s kontrolou tlaku

c) Přítlak válců (pracovní poloha)

- Po stoupnutí a stabilizaci tlaku je polohová regulace přepnuta na regulaci tlakovou
- Nedochozí k vysouvání HV
- V tomto režimu (od kontaktu válců) jsou HV řízeny tlakovou regulací
- Oblast řízení je mezi tlakem v kontaktní poloze a zadaným tlakem zalisování
- Nárůst tlaku pro zalisování bude po rampě  $0,4 \text{ MPa.s}^{-1}$
- Po dosažení požadovaného tlaku v přítlaku válce, je tento tlak udržován po celý pracovní cyklus

Tlak [MPa]	1,3	2,2	3,1	4,0	4,9	5,8	6,7
Přítlak [ $\text{kN.m}^{-1}$ ]	0	10	20	30	40	50	60

Tab. 3.1 Tabulka přítlaku lisového válce [7]

Pozn. vyvozená síla přítlaku v tabulce platí pro tlak pod pístem v kombinaci s uvažovaným průměrem pístu 100 mm.

*Zasouvání hydraulických válců:*

- Nastává zpravidla při poruše
- Válce se zasouvají z pracovní do základní polohy rychlostí cca 3x vyšší než při vysouvání, zasunou se za cca 6 - 7 s
- (Dvoucestné regulátory průtoku jsou nastaveny na průtok  $16 \text{ dm}^3.\text{min}^{-1}$ )

Použité jsou 2 hydraulické válce 100/70-300, kdy jejich poměr ploch je 2:1.

Pohyby klopení pohyblivého (lisového) válce jsou řízeny proporcionálními rozváděči 4/4. Každý z obou hydraulických válců je řízen vlastním rozváděčem.

Ovládání lisování i pohyby nanášecích hlav budou ovládány z řídicího systému a pultu.

Pohyby nanášecí hlavy (platí pro obě)

Nanášecí hlavy vykonávají pohyb z odklopené pozice směrem k válci. Pohyb je zajištěn dvěma hydraulickými válci, na straně obsluhy a na straně pohonu pro každou hlavu. Hlava se pohybuje od dorazu k dorazu a využívá přitom projektovanou délku zdvihu hydraulického válce 245 mm (lisovacího válce se přitom nedotkne). Kalibrační zařízení nátěru je již regulováno pneumaticky (součást nanášecí hlavy). Hydraulické válce každé hlavy jsou řízeny rozváděčem 4/2. Zastavení v mezipoloze není potřeba.

#### *Vysouvání hydraulických válců:*

##### a) Hlava odklopena

- Poloha je zaznamenána koncovým spínačem
- Hlava opřena o stavitelné dorazy
- Hydraulické válce jsou zasunuty, nesedí však na víku (nějaká dráha ještě zbývá, vlivem seřízení dorazů)
- Uvažovaná délka pracovního zdvihu cca 225 mm

##### b) Hlava přiklopena

- Poloha je zaznamenána koncovým spínačem
- Hlava opřena o stavitelné dorazy
- Hydraulické válce jsou vysunuty, nejsou opřeny o víka (nějaká dráha ještě zbývá, vlivem seřízení dorazů)
- Hydraul. válce jsou vysunuty a drženy na poloze po celou dobu pracovního cyklu
- Polohy přiklopeno je dosaženo za cca 20 s, kdy rychlost vysouvání hydraulických válců je přitom cca  $11,25 \text{ mm.s}^{-1}$ , po seřízení je toto trvale nastaveno škrticími ventily
- (Průtok do každého válce ze strany od pístu cca  $2 \text{ dm}^3.\text{min}^{-1}$ )

#### *Zasouvání hydraulických válců:*

- Nastává při poruše nebo z technologických důvodů (rychlost zasouvání je v obou případech stejná – dáno nastavením ŠV)
- Válce jsou zasouvány z polohy přiklopeno do polohy odklopeno
- Rychlost zasouvání HV je zhruba dvojnásobná oproti rychlosti při vysouvání, po seřízení nastaveno trvale škrticími ventily, tj. cca  $22,5 \text{ mm.s}^{-1}$

Použité jsou 4 hydraulické válce 63/45-245, kdy jejich poměr ploch je 2:1.

#### Pracovní režimy stroje

Při spouštění stroje se vysouvají jako první hydraulické válce klopení pohyblivého válce. Po dojetí na polohu a zalisování na požadovaný tlak, následuje přiklápění první nanášecí hlavy a po jejím dojetí provede přiklápění druhá nanášecí hlava.

Zasouvání hydraulických válců při poruše probíhá tak, že se začnou naráz všechny zasouvat, kdy jejich jednotlivé rychlosti při tomto stavu jsou popsány výše.

Zasouvání hydraulických válců z technologických důvodů – týká se z pravidla jen jednoho páru hydraul. válců, které obsluhují jednu z nanášecích hlav. V tomto stavu jsou tedy zasouvány pouze dva hydraul. válce 63/45-245. Rychlosti jejich pohybu jsou stejné jako v předchozím případě.

### Pracovní cyklus

Jeden obvyklý pracovní cyklus stroje zahrnuje postupné vysunutí všech hydraulických válců, setrvání na poloze (řádově hodiny až desítky hodin) a jejich následné zasunutí (zpravidla při poruše výroby) viz předchozí popis. Pak následuje pauza pro znovuzavedení výroby (řádově v desítkách minut) a celý cyklus se opakuje.

(Tento pracovní cyklus proběhne zhruba 2x za 24 hodin. Mohou nastat situace, kdy se cyklus zopakuje např. 6x za 24 hodin nebo naopak 1 cyklus trvá např. 6 dní v kuse.)

### Požadavky na hydraulický agregát

- Na agregátu je vyžadována stoprocentní záloha (2x hydrogenerátor), kdy jeden pracuje a druhý je v režimu stand-by
- Řídicí blok je umístěn přímo na hydraulickém agregátu, kdy jeho umístění co nejbližše hydraulickým válcům není možné z důvodu velkého množství nečistot, které vznikají při výrobě papíru
- V obvodu je umístěn akumulátor k pokrytí špiček a tlumení pulzací
- Je třeba ohřev kapaliny v nádrži
- Je třeba chlazení oleje
- Vstupní teplota chladicího média (průmyslová voda) je 25 °C o průtoku cca 12 dm<sup>3</sup>.min<sup>-1</sup>
- Uvažovaná maximální pracovní teplota oleje je 45 °C, kdy použitý bude minerální olej HLP ISO VG 46

## **3.2 Návrh průtoku hydrogenerátorem**

Návrh potřebného průtoku v hydraulickém obvodu stanovíme na základě potřeby co nejrychlejšího odklopení nanášecích hlav a lisového válce v případě krizového stavu stroje.

### Výpočet teoretického potřebného průtoku

#### *a) Průtok hydraulickými válci hlavního klopení*

Délka zdvihu  $l_{HV} = 0,2$  m; doba zasunutí  $\tau_{HV} = 6$  s; rozměry každého ze dvou hydraulických válců 100/70-300 ( $D_{HV}=0,1$  m;  $d_{HV}=0,07$  m).

Plocha mezikruží:

$$S_{HV} = \frac{\pi \cdot (D_{HV}^2 - d_{HV}^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (0,1^2 - 0,07^2)}{4} = 4,0055 \cdot 10^{-3} m^2 \quad (3.1)$$

Průtok do obou hydraulických válců při zasouvání:

$$Q_{HV} = 2 \cdot S_{HV} \cdot \frac{l_{HV}}{\tau_{HV}} = 2 \cdot 4,0055 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,2}{6} = 2,67 \cdot 10^{-4} m^3 \cdot s^{-1} = 16,022 dm^3 \cdot min^{-1} \quad (3.2)$$

*b) Průtok hydraulickými válci pro klopení nanášecích hlav*

Délka zdvihu  $l_{KH} = 0,225$  m; doba zasunutí  $\tau_{KH} = 10$  s; rozměry každého ze čtyř hydraulických válců 63/45-245 ( $D_{KH}=0,063$  m;  $d_{KH}=0,045$  m).

Plocha mezikruží:

$$S_{KH} = \frac{\pi \cdot (D_{KH}^2 - d_{KH}^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (0,063^2 - 0,045^2)}{4} = 1,527 \cdot 10^{-3} m^2 \quad (3.3)$$

Průtok do všech čtyř hydraulických válců při zasouvání:

$$Q_{KH} = 4 \cdot S_{KH} \cdot \frac{l_{KH}}{\tau_{KH}} = 4 \cdot 1,527 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,225}{10} = 1,374 \cdot 10^{-4} m^3 \cdot s^{-1} = 8,245 dm^3 \cdot min^{-1} \quad (3.4)$$

*c) Celkový potřebný průtok*

$$Q_C = Q_{HV} + Q_{KH} = 16,022 + 8,245 = 24,267 dm^3 \cdot min^{-1} = 4,0445 \cdot 10^{-4} m^3 \cdot s^{-1} \quad (3.5)$$

#### Výpočet potřebného geometrického objemu hydrogenerátoru

Vstupní otáčky od elektromotoru  $n_{el1} = 1450$  ot.min<sup>-1</sup>, pracovní tlak v systému  $\Delta p = 10$  MPa

$$V_g = \frac{Q_C}{n_{el1}} = \frac{4,0445 \cdot 10^{-4}}{\frac{1450}{60}} = 1,674 \cdot 10^{-5} m^3 = 16,736 cm^3 \quad (3.6)$$

⇒ Volím hydrogenerátor s geometrickým objemem  $V_{g1} = 18$  cm<sup>3</sup>.

Skutečný průtok hydrogenerátoru:

$$Q_{Hg} = V_{g1} \cdot n_{el1} \cdot \eta_{Q1} = 18 \cdot 10^{-3} \cdot 1450 \cdot 0,92 = 24,0 dm^3 \cdot min^{-1} \quad (3.7)$$

Celkový hydraulický výkon (výkon od elektromotoru):

$$P_C = Q \cdot \Delta p = V_g \cdot n_{el} \cdot \Delta p = 18 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1450}{60} \cdot 10 \cdot 10^6 = 4350 W \quad (3.8)$$

⇒ Volím výkon elektromotoru  $P_{el} = 5,5$  kW.

### 3.3 Návrh a výpočet chlazení

Hydraulický agregát bude vybaven chladičem z důvodu nepřetržitého provozu. Použit bude chladič olej-voda. Je uvažováno s dostupným průtokem chladicí vody  $Q_v = 12$  dm<sup>3</sup>.min<sup>-1</sup>.



Výpočet chlazení je do značné míry orientační, protože nikdy přesně nemůžeme znát podmínky a vlivy, které na hydraulický agregát budou působit v jeho trvalém umístění. Vhodnou volbou vstupních parametrů se snažíme co nejvíce přiblížit podmínkám, kterým může být hydraulický agregát reálně vystaven.

Návrh chlazení je zpracován v následující výpočtové tabulce:

Počet čerpadel	$\alpha$	[ks]		1
Velikost nádrže	$V_{OL}$	[dm <sup>3</sup> ]		160
Teplota okolí	$t_{okoli}$	[°C]		35
Pracovní tlak	$p$	[MPa]		10
Průtok	$Q_{HG}$	[dm <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup> ]		24
Časový faktor čerpadla	$\beta_{\delta}$	[0-1]		0,3
povrch nádrže a potrubí	$S_N$	[m <sup>2</sup> ]		2
součinitel prostupu tepla	$k$	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]		7,5
Ustálená teplota oleje max	$t_{max}$	[°C]		45
Ustálená teplota oleje min	$t_{min}$	[°C]		40
Tlak spád na prvcích	$\Delta p_{pr}$	[MPa]		1,9
Časový faktor prvků	$\beta_{pr}$	[0-1]		1
Počet prvků	$i_{pr}$	[ks]		2
Teplo přiváděné z venku	$\Phi_v$	[kW]		0
Účinnost čerpadla průtoková	$\eta_{QHG}$	[-]		0,9
Hmotnost kovových částí	$m_{oc}$	[kg]		150
Měrné skupenské teplo kovu	$c_{oc}$	[J.Kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]		450
Měrné skupenské teplo kap.	$c_{ol}$	[J.Kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]		1830
Hustota kapaliny	$\rho_{ol}$	[kg.m <sup>-3</sup> ]		880
Počáteční teplota oleje	$t_{0ol}$	[°C]		35
Voda vstup. do chladiče	$t_{CHvs}$	[°C]		25
Vody výstup z chladiče	$t_{CHvy}$	[°C]		26,8
součinitel tepla chladič	$k_{cv}$	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]		250
Měrné skupenské teplo voda	$c_v$	[J.Kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]		4180
ČASOVÁ KONSTANTA	$T$	[s]		21677,60
Velikost lekáže	$Q_{lek}$	[dm <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup> ]		2,4
Teplo z provozu HG	$\Phi_{HG}$	[kW]		0,12
Teplo přivedené od prvků	$\Phi_{pr}$	[kW]		1,52
Celkový ztrátový výkon	$\Phi_z$	[kW]		1,64
Ustálená teplota	$t_{ust}$	[°C]		144,3
Teplo odvedené nádrží	$\Phi_N$	[kW]		0,15
Chlazený výkon	$\Phi_{CH}$	[kW]		1,49
Doba ohřátí oleje na teplotu	$\tau_{max}$	45 z 35 °C	[min]	34,7
Střední teplotní spád	$t_{stř}$	[°C]		19,09
Teplosměnná plocha	$S_{CH}$	[m <sup>2</sup> ]		0,31
Průtok chladicí vody	$Q_v$	[dm <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup> ]		11,88
		[°C]	na [°C]	za [min]
Doba ohřívání z teploty	$\tau_O$	40	45	17,7
Doba chlazení z teploty	$\tau_{CH}$	45	40	250,4

Tab 3.2 Výpočet chlazení (žlutě – vstupní hodnoty; modře – vypočtené hodnoty) [8]

### Výpočet chlazení dle vzorců použitých v tabulce 3.2:

Časová konstanta:

$$T = \frac{m_{oc} \cdot c_{oc} + V_{ol} \cdot \rho_{ol} \cdot c_{ol}}{k \cdot S_N} = \frac{150 \cdot 450 + \frac{160}{1000} \cdot 880 \cdot 1830}{7,5 \cdot 2} = 21677,6 \text{ s} = 6,02 \text{ hod} \quad (3.9)$$

Průtok z lékárny HG:

$$Q_{lek} = \alpha \cdot Q_{HG} \cdot (1 - \eta_{QHG}) = 1 \cdot 24 \cdot (1 - 0,9) = 2,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (3.10)$$

Teplo z provozu HG:

$$\Phi_{HG} = \alpha \cdot Q_{lek} \cdot p \cdot \frac{10}{600} \cdot \beta_c = 1 \cdot 2,4 \cdot 10 \cdot \frac{10}{600} \cdot 0,3 = 0,12 \text{ kW} \quad (3.11)$$

Teplo generované prvky:

$$\Phi_{pr} = i_{pr} \cdot Q_{HG} \cdot \Delta p_{pr} \cdot \frac{10}{600} \cdot \beta_{pr} = 2 \cdot 24 \cdot 1,9 \cdot \frac{10}{600} \cdot 1 = 1,52 \text{ kW} \quad (3.12)$$

Celkový ztrátový výkon:

$$\Phi_z = \Phi_{HG} + \Phi_{pr} + \Phi_v = 0,12 + 1,52 + 0 = 1,64 \text{ kW} \quad (3.13)$$

Teoretický předpoklad, jaký ztrátový výkon bude třeba chladiť:

$$\Phi_{CHt} = \frac{1}{3} \cdot P_C = \frac{1}{3} \cdot 4350 = 1450 \text{ W} < \Phi_z = 1640 \text{ W} \quad (3.14)$$

⇒ Výpočet chlazení provedu pro ztrátový výkon  $\Phi_z = 1,64 \text{ kW}$ .

Ustálená teplota:

$$t_{ust} = t_{okolí} + \frac{\Phi_z}{k \cdot S_N} = 35 + \frac{1,64 \cdot 1000}{7,5 \cdot 2} = 144,3 \text{ °C} \quad (3.15)$$

Teplo odvedené nádrží:

$$\Phi_N = (t_{\max} - t_{0ol}) k \cdot S_N = (45 - 35) \cdot 7,5 \cdot 2 = 150 \text{ W} = 0,15 \text{ kW} \quad (3.16)$$

Výkon, který je nutné uchladiť:

$$\Phi_{CH} = \Phi_z - \Phi_N = 1,64 - 0,15 = 1,49 \text{ kW} \quad (3.17)$$

Výpočet doby do dosažení teploty  $t_{\max} = 45 \text{ °C}$

$$\tau_{\max} = T \cdot \ln \left( \frac{t_{ust} - t_{0ol}}{t_{ust} - t_{\max}} \right) = 21677,6 \cdot \ln \left( \frac{144,3 - 35}{144,3 - 45} \right) = 2079,3 \text{ s} = 34,7 \text{ min} \quad (3.18)$$

Střední teplotní spád:

$$t_{stř} = \frac{t_{CHvy} - t_{CHvs}}{\ln \frac{t_{max} - t_{CHvs}}{t_{max} - t_{CHvy}}} = \frac{26,8 - 25}{\ln \frac{45 - 25}{45 - 26,8}} = 19,09 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.19)$$

Minimální potřebná plocha chladiče:

$$S_{CH} = \frac{\Phi_{CH}}{k_{cv} \cdot t_{stř}} = \frac{1,49 \cdot 1000}{250 \cdot 19,09} = 0,31 \text{ } m^2 \quad (3.20)$$

Průtok vody chladičem:

$$Q_v = \frac{\Phi_{CH}}{C_v \cdot \rho_v \cdot (t_{CHvy} - t_{CHvs})} = \frac{1,49 \cdot 1000}{4180 \cdot 1000 \cdot (26,8 - 25)} \cdot 60000 = 11,88 \text{ } dm^3 \cdot \min^{-1} \quad (3.21)$$

Doba ohřevu z  $t_{min} = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$  na  $t_{max} = 45 \text{ } ^\circ\text{C}$ :

$$\tau_o = T \cdot \ln \left( \frac{t_{ust} - t_{min}}{t_{ust} - t_{max}} \right) = 21677,6 \cdot \ln \left( \frac{144,3 - 40}{144,3 - 45} \right) = 1064,6 \text{ } s = 17,7 \text{ } \min \quad (3.22)$$

Doba samovolného chlazení z  $t_{max} = 45 \text{ } ^\circ\text{C}$  na  $t_{min} = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$ , kdy teplota okolí je  $t_{okolí} = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$ :

$$\tau_{CH} = T \cdot \ln \left( \frac{t_{max} - t_{okolí}}{t_{min} - t_{okolí}} \right) = 21677,6 \cdot \ln \left( \frac{45 - 35}{40 - 35} \right) = 15025,8 \text{ } s = 250,4 \text{ } \min \quad (3.23)$$

#### Návrh chladicího okruhu:

Požadovaný průtok chladičem:

- Vycházím z předpokladu, kdy v rámci zajištění kvalitního přefiltrování oleje v nádrži, je třeba přefiltrovat celý objem nádrže zhruba 4 – 6x za hodinu.

$$Q_{ol \min} = V_{OL} \cdot \frac{6}{60} = 160 \cdot \frac{6}{60} = 16 \text{ } dm^3 \cdot \min^{-1} \quad (3.24)$$

Vstupní otáčky od elektromotoru  $n_{el2} = 1400 \text{ ot} \cdot \min^{-1}$ , maximální uvažovaná celková tlaková ztráta v chladicím okruhu  $\Delta p_2 = 1 \text{ MPa}$ .

Výpočet geometrického objemu čerpadla chlazení:

$$V_{g2} = \frac{Q_{ol \min}}{n_{el2}} = \frac{16}{\frac{1400}{60}} = 1,143 \cdot 10^{-5} \text{ } m^3 = 11,43 \text{ } cm^3 \quad (3.25)$$

⇒ Volím hydrogenerátor s geometrickým objemem  $V_{g2} = 14 \text{ } cm^3$ .

Skutečný průtok oleje chladičem:

$$Q_{ol} = V_{g2} \cdot n_{el2} \cdot \eta_{Q2} = 14 \cdot 10^{-3} \cdot 1400 \cdot 0,92 = 18,032 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (3.26)$$

Hydraulický výkon pro chlazení (výkon od elektromotoru):

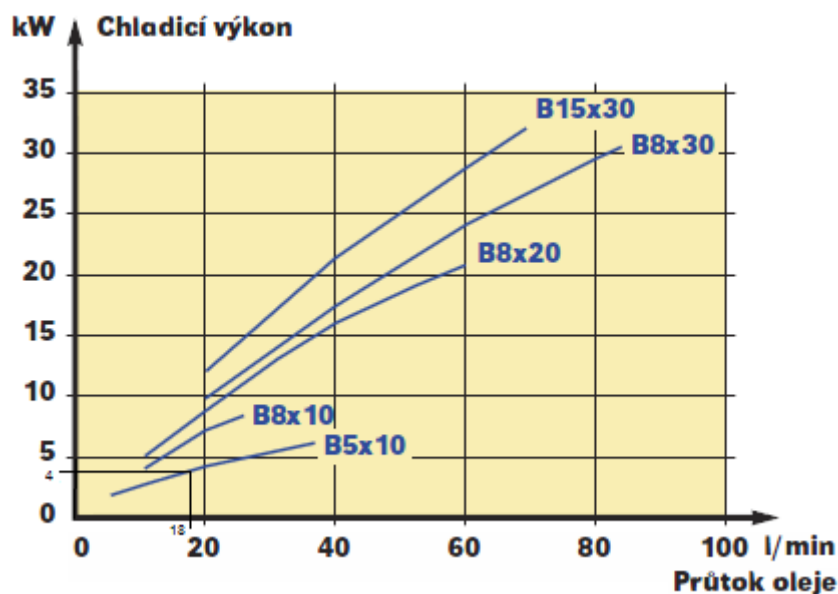
$$P_{Hch} = V_{g2} \cdot n_{el2} \cdot \Delta p_2 = 14 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1400}{60} \cdot 1 \cdot 10^6 = 326,7 \text{ W} \quad (3.27)$$

⇒ Volím výkon elektromotoru  $P_{el2} = 0,55 \text{ kW}$ .

Volba výkonu chladiče:

- Výkon, který je nutno uchladiť  $\Phi_{CH} = 1,49 \text{ kW}$
- Průtok oleje chladičem  $Q_{ol} = 18,032 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
- Průtok vody chladičem  $Q_v = 11,88 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$

Pro výkon, který je nutno chladit, je dostatečný již nejmenší dostupný chladič od firmy Olaer PWO B5-10 (1,5 – 6 kW). Dle grafu 4.1 je při daném průtoku oleje chladičem dostupný chladicí výkon  $\Phi_{Chl} = 4 \text{ kW}$ .



Graf. 3.1 Graf návrhu chladiče Olaer

Doba běhu chlazení pro uchlazení z teploty  $t_{\max} = 45^\circ \text{C}$  na  $t_{\min} = 40^\circ \text{C}$ :

$$\tau_{Chl} = -T \cdot \ln \left( 1 - \frac{(t_{\max} - t_{\min}) \cdot k \cdot S_N}{\Phi_{Chl}} \right) = -21677,6 \cdot \ln \left( 1 - \frac{(45 - 40) \cdot 7,5 \cdot 2}{4 \cdot 10^3} \right) = 410,3 \text{ s} = 6,84 \text{ min} \quad (3.28)$$

Využití dostupného chladicího výkonu:

$$\phi = \frac{\Phi_{CH}}{\Phi_{Chl}} \cdot 100 = \frac{1,49}{4} \cdot 100 = 37,25 \% \quad (3.29)$$

### 3.4 Výpočet ohřevu kapaliny topným tělesem

Hydraulický agregát bude vybaven ohřevem kapaliny, kdy použito bude ponorné topné těleso umístěné uvnitř nádrže. Předpokládá se použití v halách, kde v případě dlouhodobější odstávky stroje může teplota klesat pod bod mrazu. Kapalinu tak bude třeba v určitém časovém horizontu ohřát na provozní teplotu.

Vstupní hodnoty pro výpočet:

- Minimální teplota oleje (okolí)  $t_{0OH} = -14 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Provozní teplota oleje  $t_{1OH} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Přípustná doba ohřevu  $\tau_{OH} = 3,5 \text{ hod}$

Výpočet potřebného výkonu ohříváče:

$$P_{OH} = \frac{(t_{1OH} - t_{0OH}) \cdot k \cdot S_N}{1 - e^{-\frac{\tau}{T}}} = \frac{(30 - (-14)) \cdot 7,5 \cdot 2}{1 - e^{-\frac{3,5 \cdot 3600}{21677,6}}} = 1497,3 \text{ W} \quad (3.30)$$

⇒ Volím výkon topných těles 1500 W (2x750W).

### 3.5 Výpočet akumulátoru

Akumulátor u tohoto hydraulického agregátu plní funkci tlumiče pulzací a také slouží k pokrytí odběrových špiček v souvislosti s použitím rychlých proporcionálních ventilů a regulačního pístového hydrogenerátoru s regulací na konstantní tlak. Akumulátor je vakový, kdy jeho velikost je volena odhadem  $10 \text{ dm}^3$ . Akumulátor je plněn technickým dusíkem ( $\text{N}_2$  99,98%).

Vstupní hodnoty pro výpočet:

- Velikost prázdného akumulátoru  $V_0 = 10 \text{ dm}^3$
- Maximální provozní tlak  $p_2 = 10 \text{ MPa}$
- Minimální provozní tlak  $p_1 = 7 \text{ MPa}$
- Adiabatický exponent  $n_a = 1,35$

Základní (plnicí) tlak při objemu  $V_0$ :

$$p_0 = p_1 - 0,5 = 7 - 0,5 = 6,5 \text{ MPa} \quad (3.31)$$

Objem akumulátoru při provozním tlaku  $p_1$ :

$$V_1 = \frac{p_0 \cdot V_0}{p_1} = \frac{6,5 \cdot 10}{7} = 9,286 \text{ dm}^3 \quad (3.32)$$

Využitelný objem akumulátoru:

$$\Delta V = V_1 \cdot \left( 1 - \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{n_a}} \right) = 9,286 \cdot \left( 1 - \left( \frac{7}{10} \right)^{\frac{1}{1,35}} \right) = 2,156 \text{ dm}^3 \quad (3.33)$$

### 3.6 Návrh a výpočet děliče průtoku

Dělič (slučovač) průtoku je použit pro synchronizaci chodu hydraulických válců ovládajících každou z nanášecích hlav stroje. Průtok je dělen vždy mezi hydraulický válec na straně pohonu a na straně obsluhy. Výpočtem dojdeme k volbě děliče s vhodným rozsahem průtoků, kdy budou zohledněny požadované rychlosti vysouvání a zasouvání hydraulických válců při jejich určité délce zdvihu. Děliče distribuují průtok vždy pod plnou plochu pístu. I při zasouvání nás proto zajímá pouze plocha pod pístem, kdy odtud je generován průtok do děliče.

Průtok při vysouvání hydraulických válců:

- Doba vysouvání hydraulických válců  $\tau_v = 20 \text{ s}$
- Doba zasouvání hydraulických válců  $\tau_z = 10 \text{ s}$
- Maximální dráha pístnice  $l_{\max} = 225 \text{ mm}$
- Minimální dráha pístnice  $l_{\min} = 175 \text{ mm}$
- Počítané hydraulické válce 63/45-245 ( $D_{KH}=0,063 \text{ m}$ ;  $d_{KH}=0,045 \text{ m}$ )

Plocha pístu:

$$S_p = \frac{\pi \cdot D_{KH}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,063^2}{4} = 3,117 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (3.34)$$

Rychlost vysouvání v závislosti na délce zdvihu:

$$v_{v \min} = \frac{l_{\min}}{\tau_v} = \frac{175}{20} = 8,75 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1} = 0,00875 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.35)$$

$$v_{v \max} = \frac{l_{\max}}{\tau_v} = \frac{225}{20} = 11,25 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1} = 0,01125 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.36)$$

Minimální a maximální průtok děličem při vysouvání obou hydraulických válců:

$$Q_{v \min} = 2 \cdot S_p \cdot v_{v \min} = 2 \cdot 3,117 \cdot 10^{-3} \cdot 0,00875 = 5,455 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 3,273 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (3.37)$$

$$Q_{v \max} = 2 \cdot S_p \cdot v_{v \max} = 2 \cdot 3,117 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01125 = 7,014 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 4,208 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (3.38)$$

Průtok při zasouvání hydraulických válců:

Rychlost zasouvání v závislosti na délce zdvihu:

$$v_{z \min} = \frac{l_{\min}}{\tau_z} = \frac{175}{10} = 17,5 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1} = 0,0175 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.39)$$

$$v_{z \max} = \frac{l_{\max}}{\tau_z} = \frac{225}{10} = 22,5 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1} = 0,0225 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.40)$$

Minimální a maximální průtok děličem při zasouvání obou hydraulických válců:

$$Q_{z \min} = 2 \cdot S_p \cdot v_{z \min} = 2 \cdot 3,117 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0175 = 1,091 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 6,546 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (3.41)$$

$$Q_{z \max} = 2 \cdot S_p \cdot v_{z \max} = 2 \cdot 3,117 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0225 = 1,403 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 8,417 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (3.42)$$

Z výpočtů výše je patrné, že pro dané zadání by byl ideální dělič průtoku, který by pokryl rozsah průtoků  $3,273 - 8,417 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ . Tento rozsah průtoků je již docela velký a nelze vždy najít takový dělič, který by tento rozsah zcela pokryl. Vzhledem k vcelku velkému zadanému rozsahu zdvihů hydraulických válců, lze přistoupit i na kompromisnější rozsah průtoků, který však musí již každý volený dělič pokrýt. Minimální rozsah průtoku je tedy  $4,208 - 6,546 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ .

		Minimální průtok [dm <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup> ]	Maximální průtok [dm <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup> ]
Ideální hodnoty -		3,273	8,417
Limitní hodnoty -		4,208	6,546
Výrobce:	Typ:		
Parker	FDC 101 A11-6B	3,8	11,3
Argo-Hytos	SFD2F-B3/I10	3,3	10
Hydac	ST10-01-SB4-N-11	3,1	7,6

Tab. 3.3 Příklad volby děliče pro požadovaný rozsah průtoku

V případě potřeby nějaké korekce v průtocích, by také bylo možné mírně upravit dobu vysouvání/zasouvání hydraulických válců.



### 3.7 Stanovení velikostí filtrů

Jmenovitá velikost filtru se běžně stanoví na základě vzorce  $(2,5 - 3) \times Q$ .

#### Filtr výkonného okruhu:

Maximální průtok v odpadní větvi výkonného okruhu nastává při současném zasouvání všech hydraulických válců. Pro zasouvání je teoreticky využit celý průtok hydrogenerátoru, tedy  $24 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ , kdy tento průtok je distribuován do hydraulických válců ze strany od pístnice. Všechny hydraulické válce mají poměr ploch 2:1, na jejich výstupu je tedy celkový průtok teoreticky dvojnásobný ( $48 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ), což je i průtok vstupující do filtru.

$$Q_F = 2 \cdot Q_{Hg} = 2 \cdot 24 = 48 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (3.43)$$

Jmenovitý průtok filtrem:

$$Q_{N1} = 2,5 \cdot Q_F = 2,5 \cdot 48 = 120 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (3.44)$$

⇒ Volím filtr o minimálním jmenovitém průtoku  $120 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$

#### Filtr tlakový (zdvojený):

Maximální průtok tlakovou větví nastává opět při současném zasouvání všech hydraulických válců. Teoreticky je tedy využit celý průtok hydrogenerátoru  $24 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ .

Jmenovitý průtok filtrem:

$$Q_{N2} = 2 \cdot Q_{Hg} = 2 \cdot 24 = 48 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (3.45)$$

⇒ Volím filtr o minimálním jmenovitém průtoku  $48 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$

#### Filtr pomocné filtrace (chladícího okruhu):

Pomocná filtrace je do chladícího okruhu řazena z důvodu nedostatečného průtoku filtrem ve výkonném okruhu. Ve výkonném okruhu nastává plný průtok pouze při zasouvání všech hydraulických válců, kdy tento stav nastává cca pouze 2x za 24 hodin. Ostatní dobu je v podstatě pouze držen tlak, čímž je průtok filtrem prakticky nulový. Za provozu by tak prakticky nedocházelo k filtrování oleje.

Jmenovitý průtok filtrem:

$$Q_{N3} = 3 \cdot Q_{ol} = 3 \cdot 18,032 = 54,096 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (3.46)$$

⇒ Volím filtr o minimálním jmenovitém průtoku  $80 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$

### 3.8 Stanovení velikosti potrubí

Odpovídající rychlosti proudění oleje v potrubí uvažují dle následující tabulky:

Kapalina	Tlak (MPa)	Umístění potrubí	Rychlost průtoku ( $\text{m.s}^{-1}$ )	Poznámka
Olej		sací větev	0,5 ... 1 1 ... 1,5	hydrogenerátor do 0,5 m nad nádrží hydrogenerátor ponořený v nádrží, hydrogenerátor pod nádrží
		zpětná větev	1,5 ... 2	z důvodu hlučnosti
	5	tlaková větev	3,5 ... 4	
	10		4,5 ... 5	
	20		5,5 ... 6,5	
	32		7 ... 8	
Voda	20	tlaková větev	8 ... 10	zdroj tlaku akumulátor
		plnicí větev	3 ... 4	zdroj tlaku hydrogenerátor
		zpětná větev	3 ... 4	

Tab. 3.4 Hodnoty doporučených rychlostí ve vedení [9]

Jednotlivé potrubí jsou počítány pro maximální hodnoty průtoku dosahované v té které větvi.

Potrubí propojující základovou desku s jednotlivými hydraulickými válci:

Potrubí je voleno ke všem hydraulickým válcům o stejné velikosti a to 15x2 mm.

Vnitřní průměr potrubí:

$$d_{p1} = 15 - 2 \cdot 2 = 11 \text{ mm} \Rightarrow \text{DN 11 mm} \quad (3.47)$$

Maximální průtok v daném potrubí nastává při zasouvání hydraulických válců hlavního klopení, kdy průtok je  $Q_1 = 16 \text{ dm} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Ověření maximální rychlosti proudění kapaliny v potrubí:

$$v_1 = \frac{Q_1}{S_1} = \frac{Q_1}{\frac{\pi \cdot d_{p1}^2}{4}} = \frac{16}{\frac{\pi \cdot 0,011^2}{4}} = 2,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} < 3,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.48)$$

$\Rightarrow$  splňuje podmínku rychlosti proudění v tlakové větvi

Hlavní odpadní potrubí:

Potrubí je voleno o velikosti 28x2 mm  $\Rightarrow$  DN 24 mm.

Maximální průtok v daném potrubí nastává při zasouvání všech hydraulických válců, kdy průtok je  $Q_2 = 48 \text{ dm} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Ověření maximální rychlosti proudění kapaliny v potrubí:

$$v_2 = \frac{Q_2}{S_2} = \frac{Q_2}{\frac{\pi \cdot d_{p2}^2}{4}} = \frac{48}{\frac{\pi \cdot 0,024^2}{4}} = 1,18 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} < 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.49)$$

⇒ splňuje podmínku rychlosti proudění ve zpětné větvi

Hlavní tlakové potrubí:

Potrubí je voleno o velikosti 20x3 mm ⇒ DN 14 mm.

Maximální průtok v daném potrubí nastává při zasouvání všech hydraulických válců, kdy průtok je  $Q_3 = 24 \text{ dm} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Ověření maximální rychlosti proudění kapaliny v potrubí:

$$v_3 = \frac{Q_3}{S_3} = \frac{Q_3}{\frac{\pi \cdot d_{p3}^2}{4}} = \frac{24}{\frac{\pi \cdot 0,014^2}{4}} = 2,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} < 3,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.50)$$

⇒ splňuje podmínku rychlosti proudění v tlakové větvi

Sací potrubí axiálních pístových hydrogenerátorů:

Potrubí je voleno o velikosti 28x2 mm ⇒ DN 24 mm.

Maximální průtok v daném potrubí nastává při zasouvání všech hydraulických válců, kdy průtok je  $Q_4 = 24 \text{ dm} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Ověření maximální rychlosti proudění kapaliny v potrubí:

$$v_4 = \frac{Q_4}{S_4} = \frac{Q_4}{\frac{\pi \cdot d_{p4}^2}{4}} = \frac{24}{\frac{\pi \cdot 0,024^2}{4}} = 0,88 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} < 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.51)$$

⇒ splňuje podmínku rychlosti proudění v sací větvi

Odpadní vedení od pojistného bloku hydrogenerátorů:

Potrubí je voleno o velikosti 22x2 mm ⇒ DN 18 mm.

Maximální průtok v daném potrubí může nastat v případě odlehčení hydrogenerátoru nebo v případě poruchového stavu, kdy by plný průtok hydrogenerátoru přepouštěl přes pojistný ventil. Uvažovaný maximální průtok je  $Q_5 = 24 \text{ dm} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Ověření maximální rychlosti proudění kapaliny v potrubí:

$$v_5 = \frac{Q_5}{S_5} = \frac{Q_5}{\frac{\pi \cdot d_{p5}^2}{4}} = \frac{24}{\frac{\pi \cdot 0,018^2}{4}} = 1,57 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} < 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.52)$$

⇒ splňuje podmínku rychlosti proudění ve zpětné větvi

Sací potrubí pomocného hydrogenerátoru:

Potrubí je voleno o velikosti 28x2 mm ⇒ DN 24 mm.

Maximální průtok v daném potrubí nastává při sepnutí pomocného hydrogenerátoru z důvodu chlazení, kdy průtok je  $Q_6 = 18,032 \text{ dm} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Ověření maximální rychlosti proudění kapaliny v potrubí:

$$v_6 = \frac{Q_6}{S_6} = \frac{Q_6}{\frac{\pi \cdot d_{p6}^2}{4}} = \frac{18,032}{\frac{\pi \cdot 0,024^2}{4}} = 0,66 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} < 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.53)$$

⇒ splňuje podmínku rychlosti proudění v sací větvi

Hlaví potrubí od pomocného hydrogenerátoru:

Potrubí je voleno o velikosti 22x2 mm ⇒ DN 18 mm.

Maximální průtok v daném potrubí nastává při sepnutí pomocného hydrogenerátoru z důvodu filtrace a chlazení, kdy průtok je  $Q_7 = 18,032 \text{ dm} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Ověření maximální rychlosti proudění kapaliny v potrubí:

$$v_7 = \frac{Q_7}{S_7} = \frac{Q_7}{\frac{\pi \cdot d_{p7}^2}{4}} = \frac{18,032}{\frac{\pi \cdot 0,018^2}{4}} = 1,18 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} < 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.54)$$

⇒ vzhledem k nízkému tlaku v tomto potrubí, který uvažuji do 1 MPa, volím podmínku maximální rychlosti proudění jako v případě zpětné větve, kdy tato podmínka je splněna.

Na základě požadavků a provedených výpočtů jsem provedl volbu hydraulických prvků.

## 4 Srovnání variant skladby agregátu

V rámci práce jsem se také zabýval porovnáním hydraulického agregátu dodaného od vybraných výrobců (dodavatelů) hydraulických prvků a zařízení. Pro řízení přiklápění a přítlaku NIPU jsou použity vždy dva rychlé proporcionální ventily 4/4, které jsou ovládány řídicí kartou, jež je schopna regulovat jak v polohové, tak v tlakové smyčce. Tento systém dodávají firmy BoschRexroth a Parker.

### Výbava a popis hydraulického agregátu:

Agregát sestává z ocelové nádrže 160 litrů. Vlastní nádrž obsahuje dvojitý pohon složený z hydrogenerátoru o průtoku  $24 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ , s regulací na konstantní tlak, o výkonu elektromotoru 5,5 kW. Z obou hydrogenerátorů je v činnosti vždy jen jeden. Druhý je připraven v případě poruchy zastoupit první hydrogenerátor. Na výtlaku z čerpadel je řazen pojistný blok s odlehčovacím ventilem. Společný výtlak je veden do dvojitého tlakového filtru, aby bylo možno v případě zanesení jedné filtrační vložky použít záložní a primární vyměnit během běhu agregátu, bez jeho odstavení. V obvodu je dále řazen hydraulický akumulátor s pojistným blokem, připevněný na stěně nádrže. Hydraulický blok je osazen ventily, rozváděči a tlakovými snímači pro zajištění požadované funkce dle schématu. Kostka hydraulického bloku je čtyřsekční o velikosti DN6. Dvě sekce jsou určeny pro nanášecí hlavy (horní/dolní) vybavené škrticími ventily, redukčním ventilem, měřicími body v kanálech A,B a děličem průtoku. Druhé dvě sekce jsou určené pro přítlak NIPU. Jsou vybavené rychlým proporcionálním ventilem, hydraulickým zámkem, škrticím ventilem se stabilizací průtoku, pojistným ventilem a sedlovým rozváděčem. Dále jsou vybaveny snímači tlaku a měřicími body v kanálech A,B. Zpětná větev je vybavena odpadním filtrem s elektrickou indikací zanesení vložky. Filtrační a chladicí jednotka je navrhována jako samostatná, s hydrogenerátorem o průtoku  $18 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ . Za hydrogenerátorem je řazen zpětný ventil a kapalina je vedena do deskového vodního chladiče, do kterého je voda přiváděna přes kulový kohout, filtrační sítko a elektricky ovládaný solenoidový ventil. Výstup vody z chladiče je opatřen vizuálním průtokoměrem a kulovým kohoutem. Hydraulická kapalina je z chladiče vedena přes zpětný filtr do nádrže. Příslušenství nádrže zahrnuje nálevné hrdlo se vzduchovým filtrem, sdružený elektrický snímač pro snímání hladiny a teploty, stavoznak, topná tělesa, volič manometru a manometry.

### 4.1 Hydraulický agregát od firmy BoschRexroth

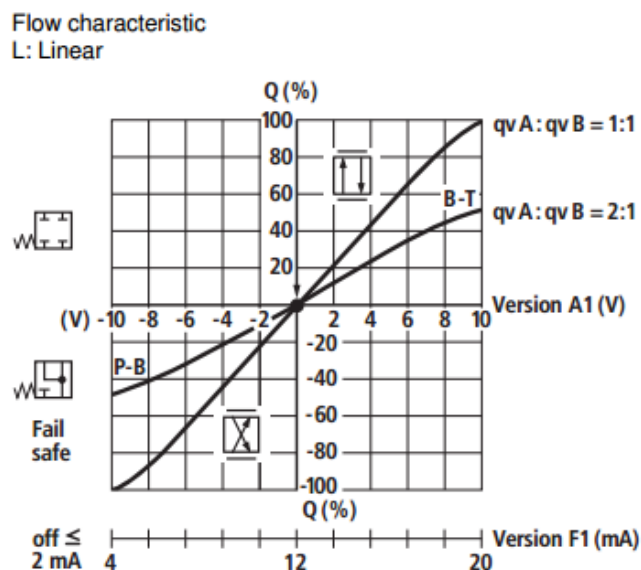
Agregát je sestaven z prvků BoschRexroth, je dodávaný na klíč, se zárukou a odzkoušený. Záruční doba je 12 měsíců. Základní cena kompletního agregátu včetně řídicí karty je cca 550 000 Kč bez DPH.

Ve své práci volím od výrobce BoschRexroth servoventil 4/4:

4WRPEH 6 C3 B12L-2X/G24K0/F1M

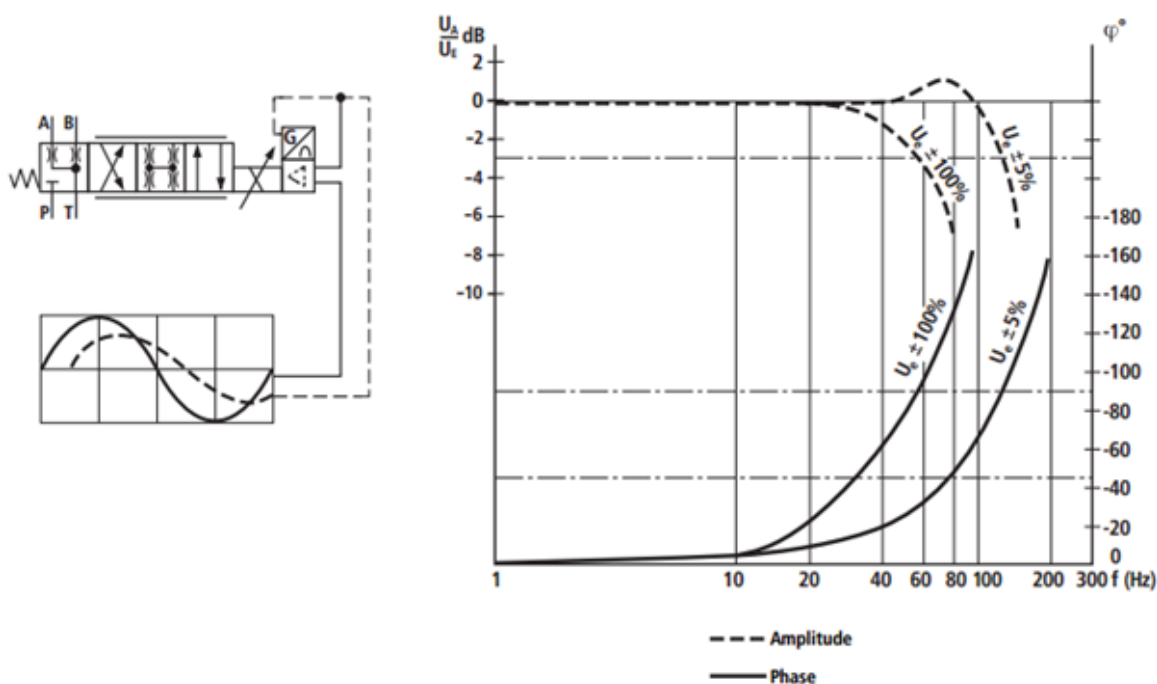
- Maximální průtok  $12 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
- Lineární charakteristika průtoku
- Přímě řízený, jednostupňový rozváděč
- Řídicí signál 4...20 mA

Velikost průtoku v závislosti na vstupním signálu:



Obr. 4.1 Reakce na vstupní signál [10]

Rozváděč nevykazuje žádnou necitlivost kolem nulové hodnoty průtoku.



Obr. 4.2 Frekvenční odezva na vstupní signál [10]

Při výchozím zesílení -3 dB je při 5ti procentním vstupním signálu frekvence rozváděče 130 Hz. Reakční doba pro přestavení je v tomto případě 7,7 ms.

Vzhledem k rychlosti přestavení a reakci na vstupní signál je rozváděč vhodný pro polohové a tlakové řízení.

#### 4.2 Hydraulický agregát od firmy Parker (Seall)

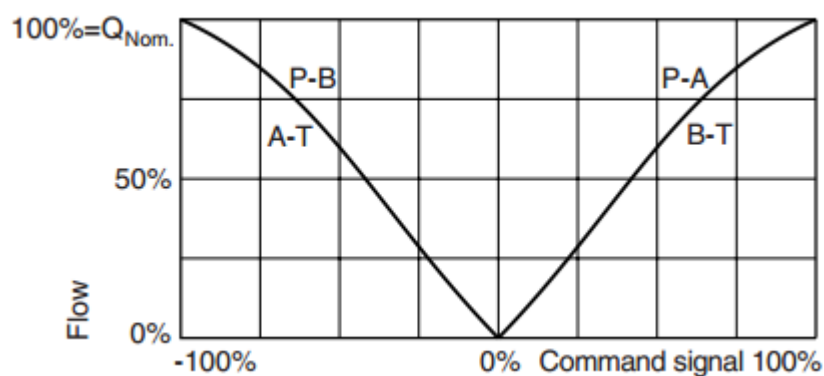
Agregát je sestaven z prvků Parker, je dodáváný na klíč, se zárukou a odzkoušený. Záruční doba je 6 měsíců. Základní cena kompletního agregátu včetně řídicí karty je cca 590 000 Kč bez DPH.

Do své práce jsem od výrobce Parker použil proporcionální rozváděč 4/4:

D1FPE50FH9NS00

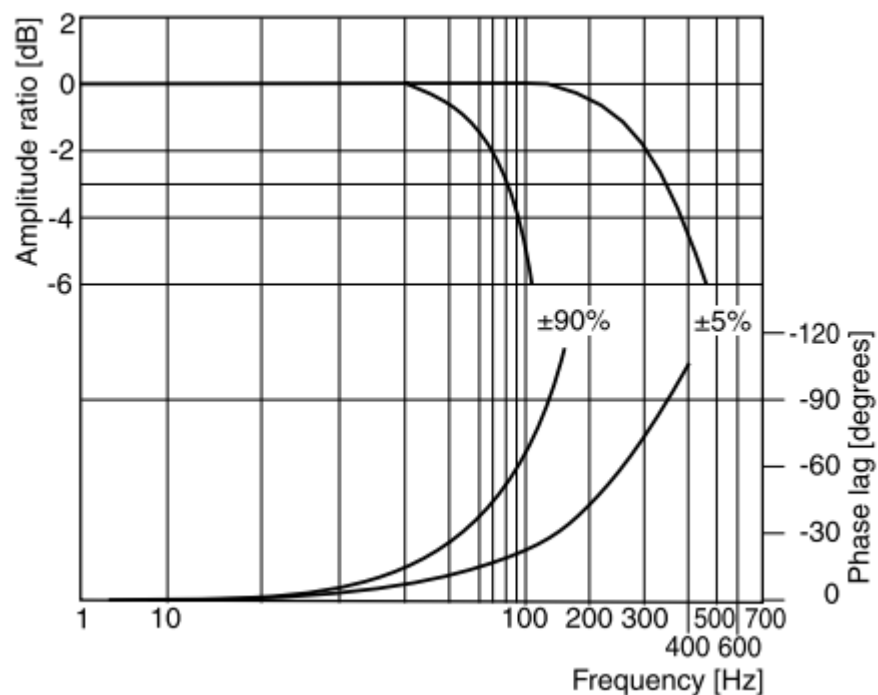
- Maximální průtok  $12 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
- Lineární charakteristika průtoku
- Přímé řízení, jednostupňový rozváděč
- Řídicí signál 4...20 mA

Velikost průtoku v závislosti na vstupním signálu:



Obr. 4.3 Reakce na vstupní signál (cívka typ E50) [11]

Rozváděč nevykazuje žádnou necitlivost kolem nulové hodnoty průtoku.



Obr. 4.4 Frekvenční odezva na vstupní signál [11]

Při výchozím zesílení -3 dB je při 5ti procentním vstupním signálu frekvence rozváděče 333 Hz. Reakční doba pro přestavení je v tomto případě 3 ms.

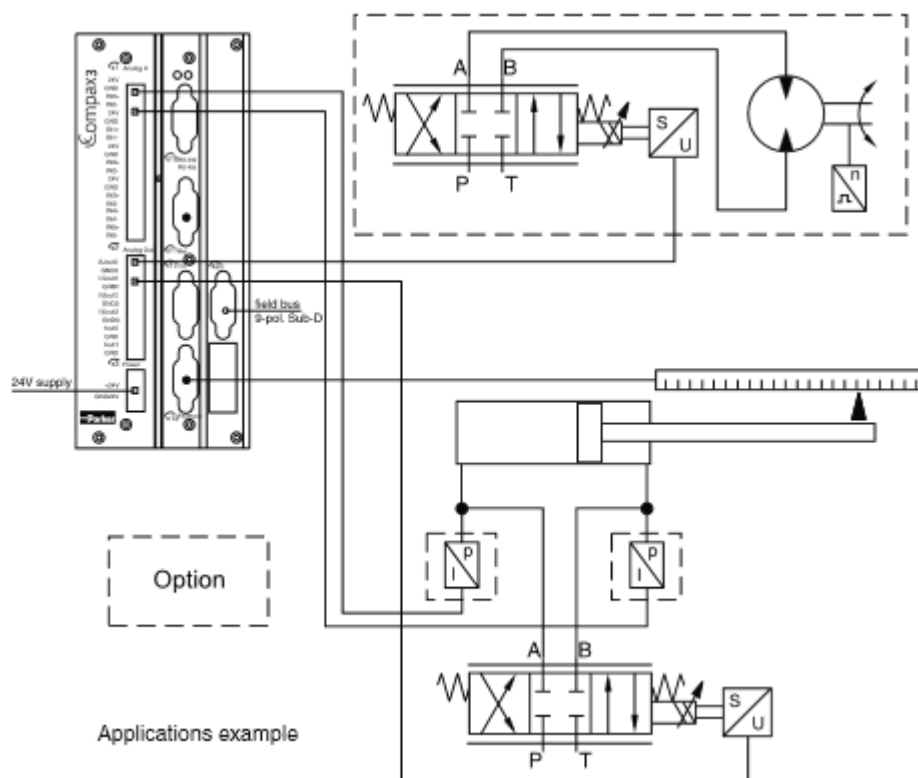
Vzhledem k rychlosti přestavení a reakci na vstupní signál je rozváděč vhodný pro polohové a tlakové řízení.

Pro řízení rozváděče je použita karta Compax3F (obr. 4.5). Schéma zapojení a řízení obvodu kartou Compax3F je znázorněno na obr. 4.6.



Obr. 4.5 Řídicí karta Parker Compax3F [11]





Obr. 4.6 Schéma obvodu s řídicí kartou Compax3F [11]

#### 4.3 Hydraulický agregát od firmy Argo-Hytos

Agregát je sestaven z prvků Argo-Hytos, je dodáváný na klíč, se zárukou a odzkoušený. Záruční doba je 12 měsíců. Proporcionální rozváděče a řídicí karta pro ovládání a přítlak NIPU je použita od firmy BoschRexroth. Základní cena kompletního agregátu včetně řídicí karty je cca 480 000 Kč bez DPH.

#### 4.4 Hydraulický agregát od firmy Interfluid

Použité jsou hlavně hydraulické prvky Parker. Taktéž jsou od firmy Parker použity proporcionální rozváděče a řídicí karta pro ovládání a přítlak NIPU.

Agregát je dodáváný na klíč, se zárukou a odzkoušený. Záruční doba je 12 měsíců. Základní cena kompletního agregátu včetně řídicí karty je cca 425 000 Kč bez DPH.

#### 4.5 Výroba hydraulického agregátu ve vlastní režii

Nastíněna je tvorba ceny, navrhovaného hydraulického agregátu, který je v tomto případě sestaven v co největší míře z prvků Parker. Taktéž jsou od firmy Parker použity proporcionální rozváděče a řídicí karta pro ovládání a přítlak NIPU.

Orientační ceny při výrobě hydraulického agregátu ve vlastní režii:

- Cena hydraulických prvků Parker cca 399 000 Kč bez DPH
- Cena šroubení, potrubí apod. cca 33 000 Kč bez DPH
- Cena elektroniky cca 112 000 Kč bez DPH
- Náklady na výrobu nádrže cca 25 000 Kč bez DPH
- Náklady na montáž hydraulického agregátu cca 30 000 Kč bez DPH

Výsledná cena jednoho samostatně sestaveného agregátu by se pohybovala kolem 599 000 Kč bez DPH. Částka je však pouze ilustrativní a reflektuje prvky použité v navrženém modelu hydraulického agregátu. V případě uskutečnění výroby je možné dosáhnout nižší ceny vhodným výběrem komponentů od cenově výhodnějších dodavatelů.

Od každého z porovnávaných výrobců hydraulických prvků (Argo-Hytos, BoschRexroth, Parker) jsem provedl specifikaci všech prvků potřebných pro kompletní sestavení navrhovaného hydraulického agregátu. Soupiska těchto prvků je obsažena v příloze.

Všechna porovnávaná řešení, kdy jsou použity hydraulické prvky od různých výrobců, splňují požadavky kladené na hydraulický agregát pro řízení lisu Filmpress. Agregáty dle nabídek od jednotlivých dodavatelů vždy obsahují všechny prvky, které byly požadovány. Mezi agregáty tak budou reálně jen minimální rozdíly, které na žádané funkce nebudou mít vliv. Hydraulické agregáty se tedy mohou lišit především vizuálně a to v souvislosti s umístěním jednotlivých komponentů na nádrži. Nabídky na hydraulické agregáty byly jednotlivými dodavateli řešeny na základě výkresu hydraulického obvodu pro lis Filmpress a popisu požadavků a funkce zařízení. Navrhovaný hydraulický agregát je ve své současné skladbě porovnatelný s nabídkou firmy Seall, která také uvažuje pouze s hydraulickými prvky Parker.

Použití rychlých proporcionálních rozváděčů pro řízení přítlaku NIPU od jednoho či druhého výrobce také nepředstavuje zásadní funkční výhodu. Parker nabízí rozváděč s lepšími parametry odezvy než BoschRexroth, avšak rychlost servoventilu BoschRexroth je pro řízení tlaku v dané aplikaci zcela dostatečná.

## 5 Obecné pokyny k obsluze

Pokyny k obsluze slouží jako soubor požadavků, které je třeba plnit jak v průběhu užívání hydraulického agregátu, tak při jeho montáži i likvidaci.

### 5.1 Instalace

Instalace a montáž agregátu na místě trvalého používání, jeho připojení k elektrické síti, k hydraulickému zařízení a k chladicí vodě.

Místo k umístění agregátu musí být pečlivě vybráno z hlediska odvětrávání a také plocha pro ustavení musí být rovná.

Agregát je třeba zbavit obalových materiálů. Při přemísťování a manipulaci s agregátem je třeba zajistit jeho stabilitu. Jeho nepředpokládaný pohyb hrozí nebezpečím úrazu.

Připojení elektrických zařízení musí být provedeno odborně způsobilou osobou v souladu s platnými předpisy. Hydraulický agregát musí být uzemněný.

Instalaci hydrauliky a rozvodů proveďte dle schématu. Neprovádějte instalaci hydrauliky pod tlakem. Dbejte na to, aby do agregátu při montáži nevnikaly nečistoty. Především hadice, přípojky a potrubí mohou obsahovat kovové špony, okuje apod. Před montáží je proto propláchněte.

Plnění hydraulického agregátu provozní kapalinou vyžaduje velký důraz na čistotu. Nikde v systému nesmí být voda. Kapalinu naplňujte pomocí filtrační jednotky s jemným filtrem (min. 10  $\mu\text{m}$ ). Ideální teplota je mezi +15 až +35 °C. Použijte kvalitní olej, který bude naplněn až po horní rysku stavoznaku. Nepřekračujte maximální množství kapaliny v nádrži.

Pod agregátem musí být umístěna záchytná vana schopná pojmut celou olejovou náplň hydraulického agregátu.

### 5.2 První spuštění

Zkontrolujte množství náplně v nádrži. Zkontrolujte stav připojených potrubí a hadic.

Elektromotorem připojeným k elektrické síti krokově otáčejte pro kontrolu směru otáčení.

Propláchněte hydraulické zařízení pro odstranění případných nečistot po montáži. V případě zařízení se servoventily musí být dosažena třída čistoty kapaliny 19/16/13 dle ISO 4406.

Nastavte monitorování hladiny náplně a měření teploty na provozní hodnoty stroje.

Systémový tlak nastavte na co nejnižší hodnoty tlakovými a průtokovými ventily tak, aby systém překonal hydraulické odpory v obvodu.

Proporcionální ventily nenapájejte žádnou elektřinou. Rozváděče nastavte do základní polohy.

Proved'te naplnění hydrogenerátoru a sacího potrubí olejem.

Propojte spotřebiče s agregátem tak, aby bylo dosaženo jejich naplnění kapalinou, nedošlo při tom k jejímu úniku a zároveň bylo dosaženo jejich odvzdušnění.

Zapněte elektromotor a postupným přestavováním ventilů zajistěte zaplnění systému kapalinou, poté elektromotor vypněte. Elektromotor se musí otáčet po směru hodinových ručiček při pohledu na ventilátor.

Zařízení nechte běžet v režimu nízkého tlaku až do úplného odvzdušnění systému.

Zajistěte, aby bylo v nádrži dostatečné množství kapaliny. Případně kapalinu doplňte.

Tlak akumulátoru na straně plynu nastavte na požadovanou hodnotu.

Na několik hodin uveďte zařízení do provozu a kontrolujte teplotu kapaliny a případné průsaky.

### **5.3 Provoz a údržba**

Hydraulický agregát nikdy nespouštějte bez náplně nebo s příliš nízkou hladinou náplně.

Při spouštění agregátu několikrát zapněte a vypněte elektromotor, aby se hydrogenerátor zaplnil nasávanou kapalinou. Elektromotor se musí otáčet ve správném směru.

V případě potřeby odvzdušněte hydraulický systém.

Během provozu stroje kontrolujte množství náplně v nádrži v intervalu 8 provozních hodin. Její hladina musí být udržována v požadovaném rozmezí označeném ryskami na stavoznaku. V případě potřeby ji doplňte pomocí filtrační jednotky. Jsou instalovány elektrické snímače výšky hladiny kapaliny, které jsou vyhodnocovány v řídicím systému.

Alespoň jednou za rok je třeba provést kontrolu kvality hydraulického oleje. Odborně odebraný vzorek je třeba analyzovat a určit třídu znečištění. V případě nesplnění požadované čistoty je třeba provést filtrační opatření nebo hydraulický olej vyměnit.

Filtrační vložky měňte dle potřeby, kdy jejich znečištění je ohlášeno signalizací. V intervalu 8 provozních hodin kontrolujte stav znečištění filtru.

Průběžně provádějte kontrolu těsnosti hydraulického systému.

Kontrolujte teplotu provozní náplně, kdy maximální teplota by neměla překročit 45°C.

Agregát je vybaven akumulátorem, je třeba provádět jeho předepsané kontroly. Plnicím médiem je pouze dusík (čistota N<sub>2</sub> 99,99%). Při vypouštění dusíku z akumulátoru zajistěte dobré větrání okolního prostoru a zamezte vstupu nepovolaným osobám.

## 5.4 Demontáž

Vypněte hydraulický agregát a odpojte jej od zdroje elektrické energie.

Zamezte přívodu hydraulického tlaku. Odpustěte tlak z olejové části akumulátoru.

Odpojte rozvody od agregátu.

Vypustěte olejovou náplň do připravených nádob, zbytky kapaliny odčerpejte do úplného vyprázdnění vedení i komponent.

Před manipulací s agregátem zaslepte otvory.

Uvolněte šrouby, kterými je agregát připevněn k podlaze.

Při přemísťování a manipulaci s agregátem je třeba zajistit jeho stabilitu. Jeho nepředpokládaný pohyb hrozí nebezpečím úrazu.

Likvidaci agregátu proveďte tak, aby nedošlo k ohrožení životního prostředí a s ohledem na platné předpisy.

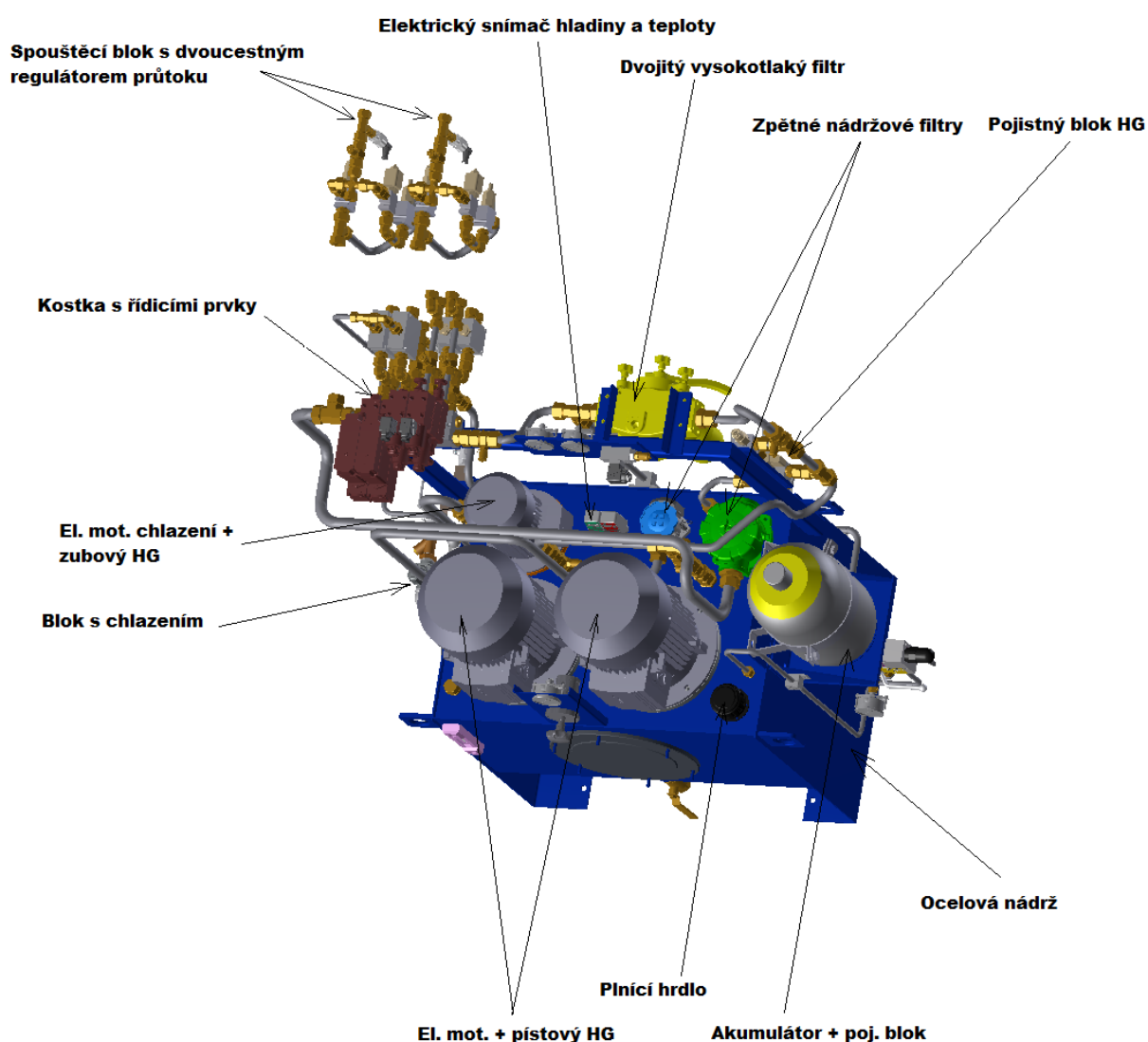
## 5.5 Technické údaje

Objem nádrže:	$V_N = 160 \text{ dm}^3$
Otáčky elektromotoru:	$n_{el1} = 1455 \text{ ot.min}^{-1}$ , $n_{el2} = 1400 \text{ ot.min}^{-1}$
Výkon elektromotoru:	$P_{el1} = 5,5 \text{ kW}$ , $P_{el2} = 0,55 \text{ kW}$
Maximální průtok hydrogenerátoru:	$Q_{Hg} = 24 \text{ dm}^3.\text{min}^{-1}$ , $Q_{ol} = 18 \text{ dm}^3.\text{min}^{-1}$
Pracovní tlak:	$P_{max} = 10 \text{ MPa}$
Pracovní napětí:	400 V / 50 Hz
Řídící napětí:	230 V / 50 HZ
Ovládací napětí rozváděčů:	24 V DC
Pracovní médium:	Minerální olej HLP (DIN 51524/2), ISO VG 46

## 6 Návod na obsluhu a údržbu

Návod na obsluhu a údržbu popisuje přesnou funkci jednotlivých částí hydraulického agregátu. Zmiňuje také případné poruchové stavy a jejich řešení. Popisovaný hydraulický agregát nemá univerzální použití, je konstruován pouze pro použití s konkrétním strojem, kterým je lis Filmpress.

Základní vybavení, kterým je hydraulický agregát osazen, byly popsány v kapitole 4. *Srovnání variant skladby agregátu – Výbava a popis hydraulického agregátu.*



Obr. 6.1 3D model hydraulického agregátu s popisem

## Návod na obsluhu:

### **6.1 Elektrický snímač hladiny a teploty**

Snímač (18) umožňuje kontinuální snímání hladiny a teploty a jejich zobrazení na řídicím panelu. Pro jakoukoli libovolnou hodnotu lze v řídicím softwaru nastavit požadovanou akci. Snímání hladiny je vybaveno dvěma nastavitelnými spínacími body. První spínací bod upozorňuje na nízký stav hladiny v nádrži a je nastaven ve vzdálenosti 240 mm od víka nádrže. Dosažení tohoto bodu zobrazí alarm upozorňující na tento stav. Druhý spínací bod je nastaven ve vzdálenosti 290 mm od víka nádrže. Označuje kritickou výšku hladiny oleje v nádrži a po jeho dosažení dojde automaticky k vypnutí agregátu. Kontinuální snímání výšky hladiny lze využít k včasnému zjištění případných úniků oleje z hydraulického systému. Pokud je detekován pokles hladiny pod obvyklou mez, může to znamenat nežádoucí únik kapaliny. Bod obvyklé výšky hladiny lze nastavit až po uvedení agregátu do provozu s poháněným zařízením. Musí být totiž zohledněn obvyklý úbytek kapaliny z důvodu vysunutí všech hydraulických válců. Snímání teploty je vybaveno dvěma nastavitelnými spínacími body. První spínací bod upozorňuje na vysokou teplotu oleje v nádrži. Tato teplota je nastavena na 55°C a při jejím dosažení je zobrazen alarm upozorňující na tento stav. Druhým spínacím bodem je pevně nastavena maximální přípustná teplota oleje v nádrži 60°C. Při dosažení této teploty je hydraulický agregát vypnut.

*Některé poruchy a jejich odstranění:*

**Zjištění:** Indikovaná výška hladiny neodpovídá skutečnosti

**Možná příčina a možné odstranění problému:** Zaseknutý plovák snímače, porucha elektroniky snímače. Uvolněte plovák, zajistěte opravu nebo náhradu snímače.

### **6.2 Topná tělesa**

Je-li při spouštění hydraulického agregátu teplota oleje nižší než 30°C, dojde ke spuštění topných těles (8). Po dosažení této teploty jsou topná tělesa vypnuta.

*Některé poruchy a jejich odstranění:*

**Zjištění:** Topná tělesa nehřejí

**Možná příčina a možné odstranění problému:** Přerušen přívodní kabel. Zkontrolujte, odstraňte příčinu.

### 6.3 Okruh chlazení a pomocné filtrace

Je-li teplota oleje v nádrži nižší než 0°C, dojde při spouštění agregátu pouze k zapnutí topných těles (8). Po dosažení teploty 0°C je zapnut hydrogenerátor (26) pomocné filtrace poháněný elektromotorem (25), který cirkulací oleje v nádrži umožní jeho rychlejší ohřev. Okruh pomocné filtrace je dále v činnosti po celou dobu běhu hydraulického agregátu. Zpětný nádržový filtr pomocné filtrace je vybaven elektrickým snímačem znečištění. Funkční stav je signalizován zeleným světlem na řídicím panelu, zanesení filtru ze 75% je signalizováno oranžovým světlem. V tento okamžik by měla být funkce pomocné filtrace pozastavena (v případě že probíhá chlazení agregátu, tak až po jeho skončení) a vyměněna filtrační vložka. Zanesení filtru ze 100% je signalizováno červeným světlem. V tuto chvíli dojde k vypnutí pomocné filtrace a je nezbytné bezodkladně vyměnit filtrační vložku. Dosažením maximální provozní teploty oleje 45°C je otevřen solenoidový vodní ventil (22), který tím umožní průtok chladicí vody chladičem. Solenoidový ventil (22) je otevřen, dokud není dosaženo teploty 40°C, kdy je deaktivován.

*Některé poruchy a jejich odstranění:*

*Zjištění:* Pomocná filtrace nefunguje, elektromotor se netočí.

*Možná příčina a možné odstranění problému:* Přívodní kabel je přerušen, není zapnutý jistič. Zkontrolujte, odstraňte příčinu.

*Zjištění:* Pomocná filtrace nemá tlak, elektromotor se točí.

*Možná příčina a možné odstranění problému:* Elektromotor se točí naopak. Zkontrolujte, odstraňte příčinu, změňte otáčky motoru.

*Zjištění:* Byla dosažena teplota 45°C a stále stoupá

*Možná příčina a možné odstranění problému:* Uzavřené kohouty chladicí vody (23), ucpané sítko vodního filtru (21), zaseknutý solenoidový ventil (22). Zkontrolujte, zda jsou kohouty otevřeny, zkontrolujte sítko vodního filtru, nouzovým ručním ovládáním zkuste přestavit solenoidový ventil.

*Zjištění:* Systém hlásí zanesenou filtrační vložku.

*Možná příčina a možné odstranění problému:* Filtrační vložka je znečištěna nebo špatně usazena. Zkontrolujte filtrační vložku, případně ji vyměňte.



## 6.4 Axiální pístové hydrogenerátory

Generují pracovní tlak a průtok v hydraulickém obvodu. Hydraulický agregát je vybaven sestavou dvou totožných elektromotorů (2) s axiálními pístovými hydrogenerátory s regulací na konstantní tlak (1). Na každém z pístových hydrogenerátorů (1) je nastaven maximální provozní tlak 10 MPa. Je-li dosaženo teploty oleje 30°C, dojde ke spuštění jednoho z hydrogenerátorů. Druhý hydrogenerátor stojí a je v režimu stand-by. Hydrogenerátory se pravidelně střídají, vždy je spuštěn ten, který minule stál. Aktuální činnost každého z hydrogenerátorů lze ověřit na manometrech připojených k výtlakům z každého hydrogenerátoru. Výtlačné vedení každého z hydrogenerátorů pokračuje přes jednosměrný ventil, za kterými se obě potrubí spojují v jedno. Následuje pojistný blok hydrogenerátorů, který obsahuje pojistný ventil (4), nastavený na maximální přípustný tlak 11 MPa a 2/2 odlehčovací sedlový ventil (4.2), který je v základní poloze otevřený. Pracovní tlak v hydraulickém obvodu nastane přivedením řídicího signálu do odlehčovacího ventilu (4.2), který je tímto přestaven do polohy uzavřeno. Dostatečný pracovní tlak v obvodu je následně signalizován tlakovým spínačem (5). Ten je zařazen v tlakové větvi mezi pojistný blok hydrogenerátorů a dvojitý vysokotlaký filtr (12). Tlakový spínač (5) je nastaven na spínací tlak 5 MPa. Dosažením spínacího tlaku je dále umožněno řízení přítlaku NIPU a klopení nanášecích hlav.

### *Některé poruchy a jejich odstranění:*

*Zjištění:* Hydraulický agregát nefunguje, elektromotor se netočí.

*Možná příčina a možné odstranění problému:* Přívodní kabel je přerušen, není zapnutý jistič. Zkontrolujte, odstraňte příčinu.

*Zjištění:* Hydraulický agregát nedává tlak, elektromotor se točí.

*Možná příčina a možné odstranění problému:* Elektromotor se točí naopak. Zkontrolujte, odstraňte příčinu, změňte otáčky motoru.

*Zjištění:* Není indikován požadovaný tlak na tlakovém spínači (5)

*Možná příčina a možné odstranění problému:* Zaseklý pojistný ventil, odlehčovací ventil není přestaven do polohy uzavřen. Zkontrolujte, vyčistěte pojistný ventil, přestavte odlehčovací ventil.

## 6.5 Dvojitý vysokotlaký filtr

Dvojitý tlakový filtr (12) je řazen za pojistným blokem. Filtr je vybaven elektrickým snímačem znečištění. Funkční stav je signalizován zeleným světlem na řídicím panelu, zanesení filtru ze 75% je signalizováno oranžovým světlem. V tento okamžik by mělo být pákou třicestného ventilu na dvojitém filtru přepnuto na druhou filtrační vložku. Původní, znečištěnou filtrační vložku je teď možno za plné činnosti hydraulického agregátu vyměnit. Zanesení filtru ze 100% je signalizováno červeným světlem. V tuto chvíli je nutné bezodkladné přepnutí na druhou filtrační vložku, jinak po nastaveném časovém intervalu dojde k vypnutí agregátu.

*Některé poruchy a jejich odstranění:*

*Zjištění:* Systém hlásí zanesenou filtrační vložku.

*Možná příčina a možné odstranění problému:* Filtrační vložka je znečištěna nebo špatně usazena. Přepněte páku na druhou filtrační vložku. Původní vložku zkontrolujte, případně vyměňte.

## 6.6 Akumulátor

Vakový akumulátor (14) je řazen paralelně k tlakové větvi mezi dvojitým vysokotlakým filtrem (12) a kostkou s řídicími prvky (31). Akumulátor je spojen s pojistným blokem akumulátoru, skrz který je připojen do obvodu. Pro správnou funkci akumulátoru musí být jeho kohout pro připojení do obvodu plně otevřen. Naopak ventil pro vypouštění oleje z akumulátoru do nádrže musí být plně uzavřen. Pojistný ventil v bloku akumulátoru je nastaven na 33 MPa. Aktuální tlak akumulátoru je zobrazován na manometru.

## 6.7 Kostka s řídicími prvky

Kostka (31) je vybavena čtyřmi sekcemi pro řídicí prvky o světlosti DN6. První dvě sekce řídí klopení nanášecích hlav, druhé dvě sekce řídí přítlak NIPU. Na druhém konci desky je na tlakovém výstupu připojen 3/2 rozváděč (36) pro ovládání řízených jednosměrných ventilů (37). Odpadní větve z kostky je vedena potrubím do zpětného nádržového filtru (13). Zpětný nádržový filtr je vybaven elektrickým snímačem znečištění. Funkční stav je signalizován zeleným světlem na řídicím panelu, zanesení filtru ze 75% je signalizováno oranžovým světlem. Nyní by při nejbližší vhodné příležitosti (přerušování výroby, odstávka stroje) měla být vyměněna filtrační vložka. Zanesení filtru ze 100% je signalizováno červeným světlem.

V tento moment je nezbytné co nejdříve vyměnit filtrační vložku, po uplynutí nastaveného časového intervalu dojde k vypnutí hydraulického agregátu.

*Některé poruchy a jejich odstranění:*

*Zjištění:* Systém hlásí zanesenou filtrační vložku.

*Možná příčina a možné odstranění problému:* Filtrační vložka je znečištěna nebo špatně usazena. Zkontrolujte filtrační vložku, případně ji vyměňte.

## **6.8 První řídicí sekce – nanášecí hlava horní**

Řídicí blok ustavený na desce obsahuje redukční ventil (33) v tlakové větvi P, 4/2 rozváděč (32) ovládaný cívkou YV3 a škrticí ventily kombinované se zpětnými ventily v tlakových větvích A,B se škrcením na vstupu. Na výstupu z kostky A1 je umístěna měřicí přípojka MA1 (42) a za ní je potrubí rozvětveno na dvě. K těmto výstupům budou připojeny dva hydraulické válce 63/45-245 (strana obsluhy a strana pohonu) ze strany od pístnice. Na výstupu z kostky B1 je umístěna měřicí přípojka MB1 (42) a za ní je připojen dělič průtoku (41). Dělič průtoku větví potrubí na dva výstupy. K těmto výstupům budou připojeny dva hydraulické válce 63/45-245 (strana obsluhy a strana pohonu) ze strany od pístu.

Nastavením škrticího ventilu (34) ve větvi A1 řídíme rychlost zasouvání obou hydraulických válců a tím rychlost odklápění nanášecí hlavy. Nastavením škrticího ventilu (34) ve větvi B1 řídíme rychlost vysouvání obou hydraulických válců a tím rychlost přiklápění nanášecí hlavy. Synchronní chod obou hydraulických válců při vysouvání i zasouvání je zajištěn děličem průtoku (41). Maximální tlak, který je hydraulickým válcům distribuován, je nastaven redukčním ventilem (33) a jeho hodnota je 5,5 MPa. Směr pohybu hydraulických válců je ovládán rozváděčem 4/2 (32) s cívkou YV3. Ať je hlava odklopena či přiklopena, vždy je v pozici držena tlakem 5,5 MPa nastaveným na redukčním ventilu (33). Dojetí nanášecí hlavy do polohy odklopeno je signalizováno spínačem SQ1, poloha přiklopeno je signalizována spínačem SQ2. Tyto spínače jsou umístěny na hydraulickém válci ze strany pohonu.

*Některé poruchy a jejich odstranění:*

*Zjištění:* Nanášecí hlava nevykonává pohyb

*Možná příčina a možné odstranění problému:* Redukční ventil (33) je nastaven na příliš nízký tlak, škrticí ventily (34) jsou příliš dotažené, nedošlo k přestavení rozváděče (32) YV3. Nastavte vyšší hodnotu tlaku na redukčním ventilu (33), nastavte větší průtok na škrticích ventilech (34), zajistěte přestavení rozváděče (32) YV3.

*Zjištění:* Nanášecí hlava se pohybuje příliš pomalu

*Možná příčina a možné odstranění problému:* Škrticí ventily (34) jsou nastavené na příliš nízký průtok. Nastavte větší průtok na škrticích ventilech.

## **6.9 Druhá řídící sekce – nanášecí hlava dolní**

Totožný popis jako pro nanášecí hlavu horní platí i pro nanášecí hlavu dolní, jen se změní příslušné indexy.

## **6.10 Třetí řídící sekce – přítlak NIPU, strana obsluhy**

Na desce je ustaven rychlý proporcionální rozváděč 4/4 (35) YV5. Na výstupu z kostky A3 je umístěn řízený jednosměrný ventil (37), za ním je paralelně připojen spouštěcí blok, následuje měřicí přípojka MA3 (42) a za ní snímač tlaku (43) BP1. K tomuto výstupu bude připojen hydraulický válec 100/70-300 (strana obsluhy) ze strany od pístu. Paralelně připojený spouštěcí blok obsahuje 2/2 sedlový ventil (38) s cívkou YV6, za ním připojený dvoucestný regulátor průtoku (39) a dále také paralelně připojený pojistný ventil (40) nastavený na tlak 10 MPa. Odpad z těchto paralelně připojených prvků je odveden a připojen do odpadního potrubí svedeného od kostky (31) do zpětného nádržového filtru (13). Na výstupu z kostky B3 je paralelně připojen zpětný ventil, dále měřicí přípojka (42) MB3 a za ní snímač tlaku (43) BP2. K tomuto výstupu bude připojen hydraulický válec 100/70-300 (strana obsluhy) ze strany od pístnice. Z paralelně připojeného zpětného ventilu je potrubí svedeno přímo do nádrže.

Rychlost vysouvání hydraulického válce je dána řízením polohy šoupátka rychlého proporcionálního rozváděče (35) YV5. Rozváděč (35) je řízen kartou Compax3F, která zpracovává údaj o poloze pístnice hydraulického válce za pomoci snímače BL1 a pomocí snímačů tlaků BP1 a BP2 řídí v tlakové regulaci přítlak NIPU. Vysouvání hydraulického válce je ukončeno dotykem lisovacích válců. V tento okamžik bude zaznamenán nárůst tlaku a regulovaný obvod bude přepnut do tlakové regulace. Nyní bude podle potřeby řízen tlak v hydraulickém válci a tím i přítlak v NIPU. Zasouvání hydraulického válce může probíhat ve dvou režimech. Řízené zasouvání je realizováno žádanou rychlostí přestavením šoupátka rychlého proporcionálního rozváděče (35) YV5 do příslušné pozice a za pomoci snímače polohy BL1. K tomu musí být uzavřen sedlový ventil (38) YV6 a uvolněn zpětný průtok řízeným jednosměrným ventilem (37). Dále musí být přestaven 3/2 rozváděč (36) YV10, který uvolní řízený jednosměrný ventil (37). Zasouvání hydraulického válce v nouzovém režimu nastává automaticky při výpadku hydraulického agregátu. To je zajištěno

samovolným odklápěním lisového válce vlivem vlastní váhy, které je umožněno 2/2 sedlovým ventilem (38) YV6 přestaveným do základní polohy, ve které je průtočný. A dále je nutné zajištění průtoku oleje ze strany od pístnice hydraulického válce. To je umožněno přisáváním oleje jednosměrným ventilem (44) a z něho svedeného potrubí do nádrže, které jsou paralelně řazeny v potrubní větvi B3. Rychlost spouštění je v tomto režimu nastavena na žádanou hodnotu dvoucestným regulátorem průtoku (39), který je řazen za sedlovým ventilem (38). Odtud kapalina odchází do odpadního potrubí.

Oba hydraulické válce 100/70-300 (strana obsluhy) a 100/70-300 (strana pohonu) jsou vždy regulovány současně, nesmí dojít ke zkřížení lisového válce. Taktéž přítlak v NIPU musí být rovnoměrný. Oby hydraulické válce jsou řízeny jednou kartou Compax3F.

*Některé poruchy a jejich odstranění:*

*Zjištění:* Lisový válec nevykonává pohyb

*Možná příčina a možné odstranění problému:* Rychlé proporcionální rozváděče (35) jsou chybně sladěny se snímači polohy (BL1, BL2) a tlaku (43). Regulační smyčky musí být odborně nakonfigurovány.

*Zjištění:* V nouzovém režimu nedochází k odklopení lisového válce

*Možná příčina a možné odstranění problému:* Dvoucestné regulátory průtoku (39) jsou nastaveny na minimální průtok, nedošlo k přestavení sedlového ventilu (38). Nastavte větší průtok na dvoucestných regulátorech průtoku (39), zajistěte přestavení sedlových ventilů (38). Dvoucestné regulátory průtoku musí být vždy nastaveny na stejnou velikost průtoku pro oba hydraulické válce 100/70-300 (strana obsluhy a strana pohonu).

*Zjištění:* V nouzovém režimu nedochází k příliš pomalému odklápění lisového válce

*Možná příčina a možné odstranění problému:* Dvoucestné regulátory průtoku (39) jsou nastaveny na příliš nízký průtok. Nastavte větší průtok na dvoucestných regulátorech průtoku (39). Dvoucestné regulátory průtoku musí být vždy nastaveny na stejnou velikost průtoku pro oba hydraulické válce 100/70-300 (strana obsluhy a strana pohonu).

## **6.11 Čtvrtá řídicí sekce – přítlak NIPU, strana pohonu**

Totožný popis jako pro přítlak NIPU – strana obsluhy platí i pro stranu pohonu, jen se změní příslušné indexy.

## 6.12 Multipozicový odpojovač manometru

Umožňuje za provozu sledovat tlak v různých částech hydraulického systému. Hodnota je zobrazována vždy pro jeden měřicí bod v systému. Mezi jednotlivými body je vybíráno ručním voličem. K multipozicovému manometru (11) jsou připojeny tyto body: MP, MA1, MB1, MA2, MB2, MA3, MB3, MA4, MB4. Měřené body jsou k multipozicovému manometru připojeny pomocí minimess přípojek.

*Některé poruchy a jejich odstranění:*

*Zjištění:* Manometr nezobrazuje tlak

*Možná příčina a možné odstranění problému:* V systému není v danou chvíli tlak, špatně připojena minimess přípojka. Ověřte, zda je žádaná větev v danou chvíli aktivní, zkontrolujte přípojky minimess.

## 7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout hydraulický agregát pro ovládání lisu Filmpress a vytvořit jeho model ve 3D.

Úvodní, teoretická část této práce se zabývá výrobou papíru od historie do současnosti. Dále jsou popsány možnosti použití klížícího lisu v moderním papírenském stroji a dva základní typy klížícího lisu. Jeden z klížících lisů je právě lis Filmpress, který lze z hlediska své modernější konstrukce považovat ve většině aplikací za efektivnější a výhodnější.

V druhé kapitole již praktické části práce jsou popsány jednotlivé části lisu Filmpress a jejich základní funkce, které musí plnit. Třetí kapitola důkladně rozvádí všechny funkce, režimy a provozní stavy lisu Filmpress, potom také specifikuje jejich požadované parametry. Na základě těchto vstupních informací jsem nakreslil schéma hydraulického obvodu pro řešený hydraulický agregát a dále jsem pomocí výpočtů navrhnul základní parametry jednotlivých prvků, kterými je hydraulický agregát osazen. Všechny jednotlivé prvky, ze kterých je agregát složen, byly přesně vyspecifikovány, přitom každý z jednotlivých prvků byl vyspecifikován od třech alternativních dodavatelů. V případě hydraulických prvků se jednalo o výrobce Argo-Hytos, BoschRexroth a Parker. Soupiska všech těchto prvků je obsažena v příloze.

U dodavatelů výše zmíněných hydraulických prvků, byly na základě schématu hydraulického obvodu poptány hydraulické agregáty jako celky. Porovnáním nabídnutých řešení se zabývám ve čtvrté kapitole. Do srovnání je také zahrnuta varianta, kdy by byl hydraulický agregát vyroben a sestaven z prvků pořízených ve vlastní režii.

Návrh kompletního 3D modelu hydraulického agregátu jsem provedl v programu Autodesk Inventor 2012. Model je sestaven z hydraulických prvků firmy Parker. 3D model prezentuje možnou konstrukci celého hydraulického agregátu včetně rozmístění a usazení jednotlivých komponent. Výkres se základními rozměry hydraulického agregátu je přiložen v příloze. Vypracoval jsem také soupisku prvků, která tvoří kusovník k navrhnutému schématu hydraulického obvodu a zároveň je z těchto prvků i sestaven 3D model hydraulického agregátu. V příloze je také obsažena motorová listina, která seskupuje elektrické prvky vyskytující se na hydraulickém agregátu.

Pátá kapitola se zabývá obecnými pokyny k obsluze a manipulaci s hydraulickým agregátem. Návodem na obsluhu navrhnutého hydraulického agregátu se zabývám v šesté kapitole. Zde jsou popsány konkrétní jednotlivé části agregátu, jejich funkce, sestavení a vliv nastavení na funkci zařízení. Zmíněny jsou také případné poruchové stavy a jejich řešení.

Návrh hydraulického agregátu byl řešen se zaměřením na jednoduchost konstrukce, aby byla možná jeho výroba a sestavení i v podmínkách strojírenské firmy, která se primárně zabývá výrobou v jiném strojním odvětví. Důležité je v tomto návrhu použití dostupných typizovaných komponentů pro sestavení řídicího bloku. Hydraulický obvod musel být navržen tak, aby byly splněny všechny požadavky kladené na funkci hydrauliky lisu Filmpress. Navržený hydraulický agregát byl dále řešen s důrazem na zajištění optimální filtrace olejové náplně a jejího chlazení. Toto je zajištěno samostatným filtračním okruhem, ve kterém je zařazeno i chlazení. Všechny prvky, kterými je hydraulický agregát osazen, byly umísťovány pro zajištění své optimální funkce i funkce celého agregátu. Výsledný hydraulický agregát tvoří funkční a kompaktní celek, který je vybaven potřebnou dokumentací a plní požadavky na něj kladené.



## 8 Seznam použité literatury

- [1] NOGOL, Bogdan. Papyrus. *Metodický portál : Digitální učební materiály* [online]. 16. 05. 2011, [cit. 2012-10-26]. Dostupné z: <<http://dum.rvp.cz/materialy/papyrus-2.html>>. ISSN 1802-4785.
- [2] NOGOL, Bogdan. Pergamen. *Metodický portál : Digitální učební materiály* [online]. 28. 04. 2011, [cit. 2012-10-26]. Dostupné z: <<http://dum.rvp.cz/materialy/pergamen-3.html>>. ISSN 1802-4785.
- [3] Historie a výroba papíru. Vše co student potřebuje vědět [online]. 14.11.2010, [cit. 2012-10-29]. Dostupné z: <<http://www.studentske.cz/2010/11/14b-historie-vyroba-papiru.html>>.
- [4] Historie papírenství. Papírenství [online]. c2007, [cit. 2012-10-29]. Dostupné z: <<http://www.mezistromy.cz/cz/vyuziti-dreva/papirenstvi/historie-papirenstvi>>
- [5] ŠMÍD, Richard. Výroba papíru [online]. 27.8.2008, [cit. 2012-11-02]. Dostupné z: <[www.spskkv.cz/pu\\_data/send\\_files/File/vyroba\\_papiru.docx](http://www.spskkv.cz/pu_data/send_files/File/vyroba_papiru.docx)>
- [6] *Katalog PAPCEL*. Litovel: PAPCEL, a.s., 2006. 150 s.
- [7] Interní materiály firmy Papcel a.s., Litovel.
- [8] Interní materiály firmy Interfluid s.r.o., Ostrava.
- [9] PAVLOK, Bohuslav. *Hydraulické prvky a systémy. Díl 2*. Ostrava : VŠB Ostrava, 2010. 150 s. ISBN 978-80-248-1827-6
- [10] Technický katalog BoschRexroth. *Re 29035*. 2/2009.
- [11] Technický katalog Parker. *Hydraulic Valves Industrial Standard. HY11-3500/UK*. 10/2011.
- [12] PIVOŇKA, J. a kol. *Tekutinové mechanizmy*. Praha : SNTL, 1997. 623 s.
- [13] SIVÁK, V. *Projektování hydraulických systémů*. Ostrava : VŠB Ostrava, 1990. 333 s. ISBN 80-7078-037-1
- [14] LEINVEBER, J.; VÁVRA, P. *Strojnické tabulky. Úvaly* : Albra, 2005. 908 s. ISBN 80-7361-011-6
- [15] PAVLOK, Bohuslav. *Základní konstrukční celky*. Ostrava : VŠB Ostrava, 2008. 41 s. CZ.04.1.03/3.2.15.3/0414

- [16] KRÍŽ, R.; VÁVRA, P. *Strojírenská příručka. 4. Svazek*. Praha : SCIENTIA, 1994. ISBN 80-85827-58-1
- [17] ČSN ISO 4046-4. *Papír, lepenka, vlákniny a souvisící názvosloví - Slovník - Část 4: Druhy papíru a lepenky a zpracovaných výrobků*. Praha : Český normalizační institut, 2006.
- [18] ČSN ISO 4046-5. *Papír, lepenka, vlákniny a souvisící názvosloví - Slovník - Část 5: Vlastnosti vláknin, papíru a lepenky*. Praha : Český normalizační institut, 2006.
- [19] KOPÁČEK, J. *Technická diagnostika hydraulických mechanismů*. Praha : SNTL, 1990. 160 s. ISBN 80-03-00308-3
- [20] PROKEŠ, J. *Hydraulické mechanismy v automatizaci*. Praha : SNTL, 1973. 232 s.
- [21] LONGAUER, J. *Hydraulika a vzduchotechnika v drevospracujúcim priemysle*. Bratislava : ALFA, 1991. 384 s. ISBN 80-05-00835-X

#### Firemní literatura:

AC-Motoren, Argo-Hytos, Backer elektro CZ, BoschRexroth, Bühler technologies, Corex, Eurofluid, Gumex, Honeywell, Honsberg, Hydac, Hydrotechnik, IFM, IVARCS, Jihostroj, KTR, Mahle, Manomarket, MaR systems, MPfiltri, Norgren, NORIS Armaturen Burkenstein, Novaservis, Olaer, Parker, SAMhydraulik, Schmachtl, Siemens, Tecsis, Thermis, WEG

## 9 Seznam příloh

Příloha A – HYDRAULICKÝ POHON FILMPRESS – schéma obvodu

Příloha B – Specifikace prvků – kusovník pro schéma obvodu

Příloha C – Motorová listina

Příloha D – Sestava hydraulický agregát FILMPRESS – 3D model se základními rozměry

Příloha E - Soupiska prvků pro hydraulický agregát FILMPRESS od tří alternativních  
dodavatelů